



**TUGAS AKHIR - TM 145502**

**ANALISA HASIL PENGELASAN SMAW DENGAN ARUS  
200A PADA MATERIAL PLAT ST 37 MENGGUNAKAN  
ELEKTRODA E7018 YANG DI RENDAM AIR DENGAN  
PENGUJIAN RADIOGRAFI DAN MAKRO ETSA**

**DAVIN RIDHO KURNIAWAN  
NRP.2114 030 048**

**Dosen Pembimbing 1  
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT  
19580915 198701 1 001**

**Dosen Pembimbing 2  
Ir. Subowo, Msc.  
19581004 198701 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**TUGAS AKHIR - TM 145502**

**ANALISA HASIL PENGELASAN SMAW DENGAN  
ARUS 200A PADA MATERIAL PLAT ST 37  
MENGUNAKAN ELEKTRODA E7018 YANG DI  
RENDAM AIR DENGAN PENGUJIAN  
RADIOGRAFI DAN MAKRO ETSA**

**DAVIN RIDHO KURNIAWAN  
NRP.2114 030 048**

**Dosen Pembimbing 1  
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT  
19580915 198701 1 001**

**Dosen Pembimbing 2  
Ir. Subowo, MSc  
19581004 198701 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - TM 145502**

**ANALYSIS THE RESULTS OF WELDING  
CURRENT 200A WITH SMAW AT ST 37 PLATE  
MATERIALS USING ELECTRODE E7018 WHICH  
IN WATER TO SOAK WITH TESTING OF  
RADIOGRAPHY AND MACRO ETCHING**

**DAVIN RIDHO KURNIAWAN  
NRP.2114 030 048**

**Counsellor Lecturer 1  
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT  
19580915 198701 1 001**

**Counsellor Lecturer 2  
Ir. Subowo, MSc  
19581004 198701 1 001**

**DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING INDUSTRY  
Faculty of Vocational  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017**

# **ANALISA HASIL PENGELASAN SMAW DENGAN ARUS 200A PADA MATERIAL PLAT ST 37 MENGUNAKAN ELEKTRODA E7018 YANG DI RENDAM AIR DENGAN PENGUJIAN RADIOGRAFI DAN MAKRO ETSA**

**Nama** : Davin Ridho Kurniawan  
**NRP** : 2114 030 048  
**Jurusan** : Dept. Teknik Mesin Industri FV-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Gathot Dwi Winarto, MT

## **Abstrak**

Salah satu permasalahan dalam pengelasan suatu material logam itu ialah apabila elektroda yang digunakan memiliki kandungan air pada lapisan pembungkusnya (flux) dan digunakan pada proses pengelasan yang dalam hal ini pengelasan SMAW.

Pada penelitian ini akan menganalisa mengenai pengaruh cacat yang terjadi pada pengelasan SMAW dengan arus 200 Ampere sehingga didapat H-Input 3.551 kJ/mm terhadap material ST 37 yang telah diberi kampuh sebesar 60° menggunakan elektroda yang terendam air dengan lama perendaman selama 30 menit, 45 menit, dan 60 menit dan dengan pembanding yang tanpa direndam untuk selanjutnya dilakukan pengujian radiografi yang bertujuan mengetahui cacat yang terjadi didalam hasil pengelasan yang berpedoman pada ASME section V, dan dilakukan uji metalografi (makro etsa) untuk menentukan daerah Base Metal, HAZ, dan Weld metal dan setiap lebar Heat Affected Zone (HAZ) pada setiap hasil lasan yang menggunakan variasi perendaman elektroda.

Dari hasil uji radiografi, didapatkan film hasil proses penembakan dengan sinar gamma ray Ir-192 bahwa cacat yang terjadi pada semua pengelasan terlihat. Hasil pengelasan menggunakan elektroda yang tidak direndam memiliki cacat porosity, slag inclusion namun pada dua titik tertentu saja dibandingkan dengan menggunakan elektroda yang direndam selama 30 menit memiliki cacat porositas (*aligned*

*porosity*), *elongated slag in*, elektroda yang direndam selama 45 menit memiliki cacat porositas (*distributed porosity*), dan elektroda yang direndam selama 60 menit memiliki cacat porositas, *shrinkage groove*. Sedangkan pada pengujian metalografi (makro etsa) didapat lebar HAZ pada elektroda tidak direndam (4.3 mm), perendaman elektroda selama 30 menit (3.91 mm), 45 menit (2.49 mm), dan 60 menit (1.96 mm). Maka semakin lama di rendam lebar HAZ semakin kecil di banding lebar HAZ elektroda yang tidak direndam.

**Kata kunci : Perendaman Elektroda, Pengelasan SMAW, Uji Radiografi, Uji Metalografi (Makro Etsa), Cacat Las, dan Lebar HAZ.**

# **ANALYSIS THE RESULTS OF WELDING CURRENT 200A WITH SMAW AT ST 37 PLATE MATERIALS USING ELECTRODE E7018 WHICH IN WATER TO SOAK WITH TESTING OF RADIOGRAPHY AND MACRO ETCHING**

**Name : Davin Ridho Kurniawan**  
**NRP : 2114 030 048**  
**Department : Department of Mechanical  
Engineering Industry of FV-ITS**  
**Counsellor Lecturer : Ir. Gathot Dwi Winarto, MT**

## ***Abstract***

*One of the problems in welding a metal material that is in the used electrodes have moisture content on a layer of wrapping (flux) and used in the welding process in this welding SMAW.*

*In the current study will analyze about the influence of defects that occur in welding SMAW with currents of 200 Amperre so obtained H-Input 3.551 kJ/mm against material ST 37 that have been given by 60 ° seam-use electrodes which are inundated with long submersion for 30 minutes, 45 minutes, and 60 minutes and with a comparison without further testing done soaked to radiography which aims at knowing the defects that occur in welding results are based on ASME section V the test is done, and metalografi (macro-etching) to determine the area of the Base Metal, HAZ and Weld metal, and any width of the Heat Affected Zone (HAZ) on every result of welds that use variations of the submersion of the electrode.*

*From the test results obtained by radiography, film shooting process results with gamma ray Ir-192 that defects that occur on all welding is visible. Weld using electrodes hat are not soaked porosity defects, features slag inclusions but on two specific points compared to just using the electrode is immersed for 30 minutes have disabilities aligned elongated porosity, slag in, electrodes are steeped for 45 minutes have disabilities distributed porosity, and electrodes are soaked for 60 minutes has a defect, shrinkage porosity groove. While in testing metalografi (macro-etching), gained wide HAZ on electrodes not soaked*

*(4.3 mm) electrode, soaking for 30 minutes (3.91 mm), 45 minutes (2.49 mm) and 60 minutes (1.96 mm). Then the old soak and more small HAZ width in the appeal wide HAZ electrodes not soaked.*

***Keywords: Soaking Electrode Welding, SMAW, Radiography Test, test Metalografi (macro-Etching), disability, and wide Welding HAZ.***

## **LEMBAR PENGESAHAN**

# **ANALISA HASIL PENGELASAN SMAW DENGAN ARUS 200A PADA MATERIAL PLAT ST 37 MENGUNAKAN ELEKTRODA E7018 YANG DI RENDAM AIR DENGAN PENGUJIAN RADIOGRAFI DAN MAKRO ETSA**

### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Ahli Madya  
pada  
Bidang Studi Manufaktur  
Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh :

**DAVIN RIDHO KURNIAWAN**  
**NRP. 2114 030 048**

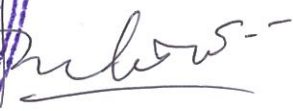
Mengetahui dan Menyetujui

**Dosen Pembimbing 1**

**Dosen Pembimbing 2**

  
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT  
NIP. 19580915 198701 1 001



  
Ir. Subowo, MSc  
NIP. 19581004 198701 1 001

**SURABAYA, JULI 2017**



## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta atas segala Rahmat dan Karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Penelitian yang berjudul :

### **“ANALISA HASIL PENGELASAN SMAW DENGAN ARUS 200A PADA MATERIAL PLAT ST 37 MENGUNAKAN ELEKTRODA E7018 YANG DI RENDAM AIR DENGAN PENGUJIAN RADIOGRAFI DAN MAKRO ETSA”**

dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS untuk bisa dinyatakan lulus dengan mendapatkan gelar Ahli Madya.

Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Penelitian ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Gathot Dwi Winarto, MT. selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan ide, arahan, bimbingan dan motivasi selama pengerjaan Penelitian ini.
2. Bapak Ir. Subowo, MSc. selaku dosen pembimbing 2
3. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri.
4. Bapak Ir. Suhariyanto, MT selaku koordinator Penelitian Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.

5. Bapak Ir. . Denny ME Soedjono, MT selaku Dosen Wali selama di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
6. Segenap Bapak/Ibu Dosen Pengajar dan Karyawan di Jurusan Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS, yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan selama penulis menuntut ilmu di kampus ITS.
7. Tim Dosen Penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan guna kesempurnaan Penelitian ini.
8. Orang tua tercinta Bapak dan Ibu yang selalu memberikan semangat, doa, serta dukungan dalam bentuk apapun.
9. Grader Lab Metalurgi atas nama Rany, Ninik, Izzul, Ciscus atas kerjasamanya selama proses pengerjaan Penelitian ini.
10. Teman – teman angkatan 2012, 2013, 2014 dan 2015 atas kebersamaan dan kerjasamanya selama ini.
11. Mas Agung alumni angkatan 2000 yang telah memberikan kesempatan penulis menggunakan tempat kerja untuk melakukan praktikum pengelasan.
12. Pak Hendro selaku karyawan ANDTECH Surabaya yang mau membagi ilmunya dalam pengujian bahan.
13. Rekan – rekan PPNS 2014 yang telah membantu penulis selama pengerjaan Penelitian.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak, yang dapat mengembangkan Penelitian ini menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga Penelitian ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program

studi Sarjana Teknik Mesin FTI-ITS dan Departemen  
Teknik Mesin FV-ITS.

Surabaya, 3 Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>

## BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Metodologi Penelitian .....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4

## BAB II DASAR TEORI

2.1 Definisi Pengelasan .....	7
2.2 SMAW .....	7
2.2.1 SMAW AC .....	8
2.2.2 SMAW DC .....	9
2.3 Parameter Pengelasan.....	9
2.3.1 Tegangan Busur Las.....	9
2.3.2 Besar Kuat Arus Las .....	10
2.3.3 Kecepatan Pengelasan .....	10
2.4 Posisi Pada Pengelasan.....	10
2.5 Heat Input .....	16
2.6 Kodefikasi Elektroda.....	17
2.7 Material ST 37.....	18

2.8 HAZ ( <i>Heat Affected Zone</i> ).....	21
2.9 Cacat Pada Pengelasan .....	22
2.9.1 Keropos ( <i>Porosity</i> ) .....	22
2.9.2 Percikan Las ( <i>Spatter</i> ) .....	24
2.9.3 <i>Slug Inclusion</i> .....	25
2.9.4 <i>Shrinkage</i> .....	25
2.9.5 <i>Elongated Slug In</i> .....	26
2.9.6 <i>External Undercut</i> .....	26
2.10 Radiografi ( <i>Radiografi Test</i> ) .....	27
2.10.1 Sinar- $\gamma$ .....	27
2.10.2 Sinar- $\gamma$ (Gamma).....	27
2.10.3 Pesawat <i>Gamma ray</i> .....	28
2.10.4 Sumber Radioaktif <i>Gamma-ray</i> .....	28
2.10.5 Prinsip Kerja Radiografi .....	29
2.10.6 Metode Pengujian Radiografi .....	30
2.10.7 Pemilihan Image Quality Indicator .....	34
2.10.8 <i>Film</i> Radiografi .....	36
2.10.9 Sensitivitas <i>Film</i> Radiografi .....	37
2.10.10 Klasifikasi Jenis <i>Film</i> Radiografi.....	38
2.10.11 Pemilihan <i>Film</i> Radiografi.....	39
2.10.12 Pemrosesan <i>Film</i> Radiografi.....	40
2.10.13 Densitas <i>Film</i> Radiografi.....	42
2.10.14 Interpretasi Hasil <i>Film</i> Radiografi .....	42
2.11 Metalografi .....	43
2.11.1 Uji Makro ( <i>Macroscopic Examination</i> ) .....	43
2.11.2 Uji Mikro ( <i>Macroscopic Examination</i> ).....	44

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Flow Chart Penelitian.....	47
3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	47
3.3 Tempat Penelitian.....	48
3.4 Langkah kerja .....	48
3.4.1 Studi literatur .....	48
3.4.2 Persiapan Material .....	48

3.4.3 Pengelasan .....	50
3.4.4 Persiapan Benda Uji .....	53

## **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Parameter Pengelasan.....	63
4.2 Uji Radiografi ( <i>Radiografi Test</i> ) .....	64
4.3 Uji Makro Etsa ( <i>Makro Etsa Test</i> ) .....	71

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	77

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **BIODATA PENULIS**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Pengelasan SMAW. ....	8
Gambar 2.2	Posisi pengelasan 1G.....	10
Gambar 2.3	Posisi pengelasan 2G.....	11
Gambar 2.4	Posisi pengelasan 3G.....	11
Gambar 2.5	Posisi pengelasan 4G.....	11
Gambar 2.6	Posisi pengelasan fillet 1F .....	12
Gambar 2.7	Posisi pengelasan fillet 2F .....	12
Gambar 2.8	Posisi pengelasan fillet 3F .....	13
Gambar 2.9	Posisi pengelasan Overhead .....	13
Gambar 2.10	Posisi pengelasan pipa flat 1G. ....	14
Gambar 2.11	Posisi pengelasan pipa horizontal 2G. ....	14
Gambar 2.12	Posisi pengelasan 5G .....	15
Gambar 2.13	Posisi pengelasan 6G.....	15
Gambar 2.14	Daerah HAZ .....	22
Gambar 2.15	Cacat Keropos ( <i>Porosity</i> ).....	22
Gambar 2.16	Cacat <i>Distributed porosity</i> .....	23
Gambar 2.17	Cacat <i>Aligned Porosity</i> .....	23
Gambar 2.18	Cacat <i>Cluster Porosity</i> .....	24
Gambar 2.19	Cacat Percikan Las ( <i>Spatter</i> ) .....	24
Gambar 2.20	Cacat <i>Slug Inclusion</i> dan hasil radiografi.....	25
Gambar 2.21	Cacat <i>Shrinkage</i> .....	25
Gambar 2.22	Cacat <i>Elongated Slug In</i> .....	26
Gambar 2.23	Cacat <i>External Undercut</i> .....	26
Gambar 2.24	Mesin <i>Gamma-ray</i> .....	28
Gambar 2.25	Sumber Radioaktif <i>Isotop</i> Material.....	29
Gambar 2.26	Skema pengujian radiografi .....	29
Gambar 2.27	<i>Internal source image internal film technique</i> ..	30
Gambar 2.28	<i>Internal film technique</i> .....	31
Gambar 2.29	<i>Panaromic technique</i> .....	31
Gambar 2.30	<i>Contact Technique</i> .....	32
Gambar 2.31	<i>Non contact technique</i> .....	32
Gambar 2.32	<i>Elips technique</i> .....	33
Gambar 2.33	<i>Superimposed technique</i> .....	34
Gambar 2.34	Penyinaran menggunakan <i>Film</i> Radiografi.....	36
Gambar 2.35	Penampang <i>film</i> radiografi dan jenis bagiannya	36

Gambar 2.36	<i>Wire image quality indicator</i> .....	37
Gambar 2.37	Struktur butir <i>film</i> lambat (a) dan <i>film</i> cepat (b) .....	40
Gambar 2.38	Skema diagram pemrosesan <i>film</i> radiografi .....	41
Gambar 2.39	Densitometer.....	42
Gambar 2.40	<i>Viewer</i> .....	43
Gambar 3.1	<i>Flow Chart</i> Diagram.....	47
Gambar 3.2	Dimensi Material.....	48
Gambar 3.3	Sudut <i>Groove</i> 60 <sup>0</sup> dan Kedalaman 6 mm.....	49
Gambar 3.4	Material Dengan Kampuh 60 <sup>0</sup> .....	49
Gambar 3.5	<i>Filler</i> yang digunakan.....	51
Gambar 3.6	Perendaman <i>filler</i> .....	51
Gambar 3.7	<i>Filler</i> ditimbang setelah di rendam .....	52
Gambar 3.8	Mesin las TIG-MMA .....	52
Gambar 3.9	Proses Pengelasan.....	53
Gambar 3.10	Tank <i>Ampere</i> .....	53
Gambar 3.11	Alat uji radiografi Ir – 192 .....	54
Gambar 3.12	Pemberian identitas pada spesimen.....	55
Gambar 3.13	Spesimen Uji Radiografi.....	55
Gambar 3.14	Spesimen Siap Uji Radiografi.....	57
Gambar 3.15	Frame pemegang untuk pencelupan film .....	57
Gambar 3.16	Cairan <i>Developer</i> , <i>Stop bath</i> , <i>Fixer</i> .....	57
Gambar 3.17	Densitometer.....	58
Gambar 3.18	<i>Viewer</i> .....	58
Gambar 3.19	Spesimen sebelum di etsa .....	60
Gambar 3.20	Alat untuk Proses Etsa .....	61
Gambar 3.21	Larutan Etsa.....	61
Gambar 3.22	Kertas Gosok .....	61
Gambar 3.23	Proses Pengetsaan .....	62
Gambar 4.1	Hasil lasan waktu normal .....	64
Gambar 4.2	<i>Film</i> hasil uji radiografi .....	64
Gambar 4.3	Sketsa cacat pada <i>filler</i> tidak di rendam .....	65
Gambar 4.4	Hasil pengelasan perendaman <i>filler</i> waktu 30 menit .....	65
Gambar 4.5	<i>Film</i> hasil uji radiografi perendaman <i>filler</i> 30 Menit .....	66
Gambar 4.6	Sketsa cacat pada <i>filler</i> direndam selama 30 menit.....	66



Gambar 4.7	Hasil lasan perendaman <i>filler</i> waktu 45 menit .	67
Gambar 4.8	<i>Film</i> hasil uji radiografi perendaman <i>filler</i> 45 menit.....	67
Gambar 4.9	Sketsa cacat pada <i>filler</i> direndam selama 45 menit.....	67
Gambar 4.10	Hasil lasan perendaman <i>filler</i> waktu 60 menit .	68
Gambar 4.11	<i>Film</i> hasil uji radiografi perendaman filler 60 menit.....	68
Gambar 4.12	Sketsa cacat pada <i>filler</i> direndam selama 60 menit.....	68
Gambar 4.13	Hasil etsa pengelasan elektroda tidak direndam	71
Gambar 4.14	Hasil dimensi etsa pengelasan elektroda tidak direndam.....	71
Gambar 4.15	Hasil etsa pengelasan elektroda direndam 30 menit.....	72
Gambar 4.16	Hasil dimensi etsa pengelasan elektroda direndam 30 menit .....	72
Gambar 4.17	Hasil etsa pengelasan elektroda direndam 45 menit .....	72
Gambar 4.18	Hasil dimensi etsa pengelasan elektroda direndam 45 menit .....	73
Gambar 4.19	Hasil etsa pengelasan elektroda direndam 60 menit.....	73
Gambar 4.20	Hasil dimensi etsa pengelasan elektroda direndam 60 menit .....	73
Gambar 4.21	Grafik Luasan Total HAZ Pengelasan .....	75

***(Halaman ini sengaja dikosongkan)***

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Posisi pengelasan pada kodefikasi ‘A’. .....	17
Tabel 2.2	Karakteristik Digit ‘B’ Tipe Selaput dan Arus Listrik. ....	18
Tabel 2.3	Nilai <i>Chemical Composition</i> .....	18
Tabel 2.4	Sifat Mekanik ST 37.....	19
Tabel 2.5	Karakteristik dari 6 elemen pada baja.....	19
Tabel 2.6	Pemilihan <i>image quality indicator</i> .....	35
Tabel 2.7	<i>Wire IQI designation, wire diameter, and wire identity</i> .....	35
Tabel 2.8	Klasifikasi <i>film</i> AGFA GEVAERT .....	38
Tabel 3.1	Logam Induk dan Pengisi .....	49
Tabel 3.2	Parameter Pengelasan .....	50
Tabel 3.3	Berat <i>Filler</i> Setiap Variasi Perendaman.....	50
Tabel 3.4	Pemilihan <i>image quality indicator</i> .....	55
Tabel 3.5	<i>Wire IQI designation, wire diameter, and wire identity</i> .....	55
Tabel 4.1	Logam Induk dan Logam Pengisi. ....	63
Tabel 4.2	Data Primer Pengelasan.....	63
Tabel 4.3	Heat Input.....	63
Tabel 4.4	Klasifikasi Kehitaman (density) dan sensitivitas <i>film</i> .....	69
Tabel 4.5	Klasifikasi Cacat yang Terjadi.....	70
Tabel 4.6	HAZ Pada Elektroda Tidak Direndam, direndam 30 menit, 45 menit, dan 60 menit .....	74
Tabel 4.7	Lebar Rata – rata HAZ (mm).....	74

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Penggunaan baja pada bidang konstruksi mulai dilirik karena relatif ringan dan memiliki kekuatan serta ketahanan yang tinggi. Pada penyambungan baja itu sendiri tentu diperlukan suatu proses dan salah satunya adalah pengelasan. Pengelasan sendiri merupakan salah satu proses yang cukup berperan dalam industri manufaktur dengan tujuan untuk proses manufaktur. Salah satu metode pengelasan yang sering dipergunakan adalah *SMAW*, *SMAW (Shielded Metal Arc Welding)* atau biasa dikenal dengan las listrik pada umumnya digunakan untuk proses penyambungan konstruksi logam dari material baja karbon dan baja berkekuatan tarik tinggi. Pengelasan SMAW memiliki banyak pilihan prosedur dalam pengerjaannya sesuai dengan spesifikasi material logam yang akan dikerjakan bersamaan dengan elektroda yang akan digunakan. Namun apabila diteliti lebih jauh, maka didalamnya terdapat banyak permasalahan yang harus segera diatasi.

Salah satu permasalahan dalam pengelasan suatu material logam itu ialah apabila filler atau logam pengisi tersebut memiliki kelembaban yang terkandung dalam elektroda dan mempengaruhi hasil pengelasan. Hal yang harus diperhatikan untuk mengatasi hal tersebut ialah dengan cara mengetahui pengaruh kelembaban dari elektroda tersebut terhadap hasil pengelasan.

Didalam integritas suatu instalasi atau konstruksi memerlukan suatu pemeriksaan pada tahap konstruksi serta sebelum dan sewaktu beroperasi juga. Dengan berjalannya waktu, lingkungan, dan kondisi bahan akan berubah selaras dengan beban pemakaian, didunia industri fabrikasi tidak lepas dari suatu tindakan inspeksi yang salah satunya adalah pengujian radiografi. Inspeksi ini banyak digunakan dalam dunia fabrikasi terutama pada sambungan konstruksi bangunan. Oleh karena itu pada penelitian kali ini akan dilakukan analisa pada material baja ST 37, yang penggunaannya sangat luas digunakan dalam pembuatan sebuah

konstruksi bangunan berbahan material logam, menggunakan metode pengelasan *SMAW* dengan membedakan variasi kelembapan pada elektroda yang di rendam dalam air yaitu selama 30 menit, 45 menit, 60 menit dan tanpa perendaman. Tujuan dari dilakukannya perendaman tersebut yaitu untuk mengetahui perbedaan cacat yang terjadi dan lebar HAZ pada hasil pengelasan yang dapat dilihat melalui pengujian dengan uji radiography dan uji makro etsa.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dengan adanya latar belakang yang mendorong tugas akhir ini, maka ada beberapa rumusan masalah yang muncul sebagai pertanyaan pedoman agar sesuai dengan apa yang penulis inginkan, diantara rumusan tersebut adalah bagaimana hasil analisa uji radiografi dan uji makro etsa dari filler E7018 tanpa direndam, direndam selama 30 menit, 45 menit, dan 60 menit pada material ST 37 hasil pengelasan *SMAW*.

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yang dikaji dalam penulisan tugas akhir ini, maka perlu diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Material awal yang digunakan tidak ada cacat.
2. Menggunakan proses *SMAW (Shield Metal Arc Weld)* dengan posisi *IG*.
3. *Ampere* yang digunakan adalah 200 A
4. Material yang digunakan adalah ST 37 dengan tebal 10 mm.
5. Elektroda yang digunakan E7018
6. Media perendaman hanya menggunakan air
7. Pengujian yang dilakukan adalah *Radiography* dan Makro Etsa.
8. Menggunakan *gamma-ray* Ir-192
9. Menggunakan metode *source side*
10. Menggunakan *wire* IQI ASTM SET 1B
11. Teknik penyinaran menggunakan SWSV
12. *Film* pendek tipe sedang AGFA *structurix D7*

13. Tidak menganalisa data perpindahan panas.
14. Menganalisa hasil *film* berdasarkan ASME Sec.V

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut mengetahui hasil analisa uji radiografi dan uji makro etsa dari pengelasan dengan filler E7018 yang tanpa direndam dan direndam selama 30 menit, 45 menit, dan 60 menit.

#### **1.5 Manfaat**

Dari penelitian ini, penulis mengharapkan manfaat dengan memberikan kontribusi pada dunia akademis dan praktisi tentang pengaruh kelembaban filler dengan variasi perendaman selama 30 menit, 45 menit, 60 menit dengan menggunakan air pada hasil analisa uji radiografi dan makro etsa dari material ST 37 hasil pengelasan *SMAW*.

#### **1.6 Metodologi Penelitian**

Metodologi penelitian yang digunakan penulis untuk mencapai tujuan Penelitian ini adalah :

1. Studi Literatur

Untuk menambah wawasan perlu studi literatur dengan mempelajari buku-buku tentang pengelasan dan pengujian berupa uji *Radiography*, dan makro etsa.

2. Konsultasi dengan Dosen Pembimbing

Dalam penulisan Penelitian ini perlu mengadakan konsultasi atau respon dengan dosen pembimbing.

3. Observasi Data

Melakukan observasi data-data terkait pengelasan dan benda kerja melalui internet dan dari hasil pengamatan langsung dengan masalah yang dihadapi di lapangan.

#### 4. Analisa Data

Menganalisa cacat porosity hasil pengujian radiografi, dan struktur makro yang terjadi pada bagian logam hasil las, *HAZ*, dan *Base Metal* setelah dilakukan pengelesan dengan penggunaan logam pengisi yang direndam dalam air sebelum melakukan pengelasan.

#### 5. Membuat Kesimpulan

Setelah menyelesaikan laporan Penelitian dapat diambil kesimpulan tentang hasil dari proses dan analisa tersebut.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran penjelas mengenai bagian – bagian tugas akhir, diantaranya :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk mencapai tujuan tugas akhir ini.

#### **BAB III METODOLOGI**

Bab ini berisi metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi alat dan bahan, serta langkah proses pengujian-pengujian yang dilakukan.

#### **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

Membahas tentang hasil pengujian diantaranya adalah pengujian tarik, pengujian kekerasan, dan pengujian metalografi.

#### **BAB V PENUTUP**

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran-saran penulis dalam penyusunan tugas akhir.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang referensi – referensi yang terkait dengan materi pembahasan berupa buku, jurnal tugas akhir

terdahulu, maupun website yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

## **LAMPIRAN**



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

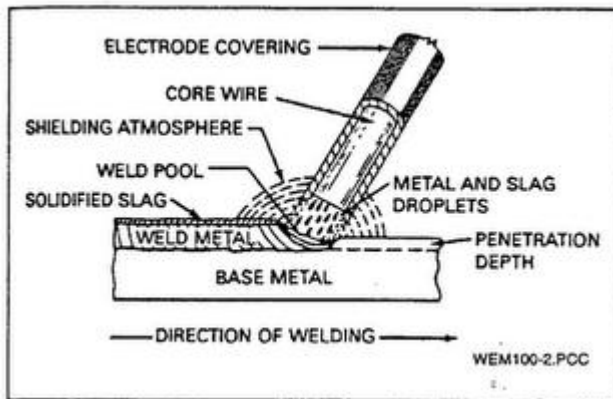
#### **2.1 Definisi Pengelasan**

Pengelasan (*Welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang terus menerus (Wiryosumarto & Okumura, 2000). Dari definisi tersebut terdapat 3 kata kunci untuk menjelaskan definisi pengelasan yaitu mencairkan logam, logam pengisi, dan tekanan. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa saluran dan sebagainya. Disamping untuk pembuatan, proses las dapat juga dipergunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada besi tuang. Membuat lapisan las pada perkakas mempertebal bagian-bagian yang sudah aus dan macam-macam reparasi lainnya. Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik. Karena itu rancangan las dan cara pengelasan harus betul-betul memperhatikan dan memperlihatkan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi serta kegunaan disekitarnya. Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan. Karena itu didalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek, secara lebih terperinci dapat dikatakan bahwa perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara-cara pengelasan.

#### **2.2 Shielded Metal Arc Welding (SMAW)**

SMAW adalah suatu proses las busur manual dimana panas dari pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda

dengan benda kerja. Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah-daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan logam *flux* atau *slag* yang terbentuk. Proses pengelasan dengan proses SMAW dibedakan berdasarkan jenis arusnya meliputi arus AC dan DC, dimana arus DC dibedakan atas DCEN (*straight polarity* atau polaritas langsung) dan DCEP (*reverse polarity* atau polaritas terbalik). *Filler* atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan atau pada elektroda, elektroda tertentu juga berasal dari serbuk besi yang dicampur dengan lapisan pembungkus elektroda.



**Gambar 2.1** Proses Pengelasan SMAW

### 2.2.1 Shielded Metal Arc Welding (SMAW) AC

Untuk arus AC (*Alternating Current*), pada *voltage drop* panjang kabel tidak banyak pengaruhnya, kurang cocok untuk arus yang lemah, tidak semua jenis elektroda dapat dipakai, Secara teknik *arc starting* lebih sulit terutama untuk diameter elektrode kecil.

### 2.2.2 Shielded Metal Arc Welding (SMAW) DC

Pada arus *DC (Direct Current)* , *voltage drop* sensitif terhadap panjang kabel sependek mungkin, dapat dipakai untuk arus kecil dengan diameter elektroda kecil, semua jenis elektrode dapat dipakai, *arc starting* lebih mudah terutama untuk arus kecil, mayoritas industri fabrikasi menggunakan *polarity DC* khususnya untuk pengelasan *carbon steel*, namun pada prinsipnya *DC polarity* dibagi kedalam dua bagian, yaitu:

#### 1. *DCSP (Straight Polarity)*

Prinsip dasarnya material dasar atau material yang akan dilas dihubungkan dengan kutub positif (+) dari travo, dan elektrodenya dihubungkan dengan kutub negatif (-) pada travo las *DC*. Dengan cara ini busur listrik bergerak dari elektrode ke material dasar, yang berakibat 2/3 panas berada di material dasar dan 1/3 panas berada di elektroda. Cara ini akan menghasilkan pencairan material dasar lebih banyak dibanding elektrodenya sehingga hasil las mempunyai penetrasi yang dalam.

#### 2. *DCRP (Reversed Polarity)*

Material dasar disambungkan dengan kutub negatif (-) dan elektrodenya dihubungkan dengan kutub positif (+) dari mesin las *DC*, sehingga busur listrik bergerak dari material dasar ke elektrode dan berakibat 2/3 panas berada di elektroda dan 1/3 panas berada di material dasar. Cara ini akan menghasilkan pencairan elektrode lebih banyak sehingga hasil las mempunyai penetrasi dangkal.

## 2.3 Parameter Pengelasan

### 2.3.1 Tegangan Busur Las

Tingginya tegangan busur tergantung pada panjang busur yang dikehendaki dari jenis elektroda yang digunakan. Pada elektroda yang sejenis tingginya tegangan busur diperlukan berbanding lurus dengan panjang busur. Panjang

busur yang dianggap baik kira-kira sama dengan diameter elektroda.

### 2.3.2 Besar Kuat Arus Las

Besar kuat arus pengelasan diperlukan tergantung dari bahan dan ukuran dari lasan, geometri sambungan, posisi pengelasan, macam elektroda, diameter elektroda itu sendiri dan lain-lain.

### 2.3.3 Kecepatan Pengelasan

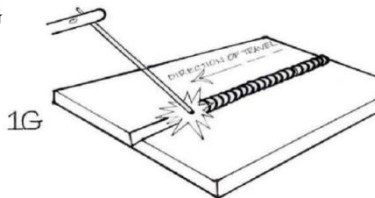
Kecepatan pengelasan tergantung pada jenis electrode, diameter inti electrode, bahan yang akan dilas, geometri sambungan, dan lain sebagainya. Dalam hal hubungannya dengan tegangan dari kuat arus, dapat dikatakan bahwa kecepatan pengelasan hampir tidak ada hubungannya dengan tegangan las tetapi berbanding lurus dengan kuat arus. Karena itu pengelasan yang cepat memerlukan kuaat arus yang tinggi.

## 2.4 Posisi Pada Pengelasan

Posisi pada pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah dari pada elektroda sewaktu mengelas. Pada proses pengelasan terdapat berbagai macam posisi pengelasan yaitu pengelasan pelat, fillet, dan pipa. Adapun macam – macam posisiya dapat disebutkan sebagai berikut :

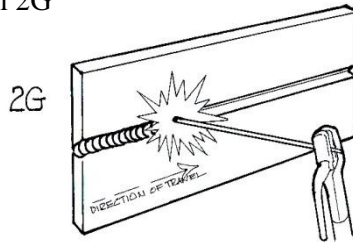
Adapun posisi pengelasan pelat terdiri dari 4 macam, yaitu:

- Posisi 1G



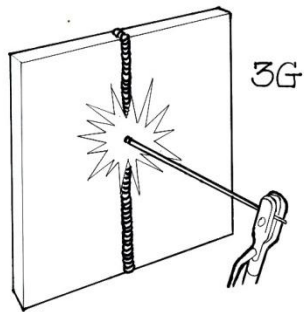
**Gambar 2.2** Posisi pengelasan pelat 1G

- Posisi 2G



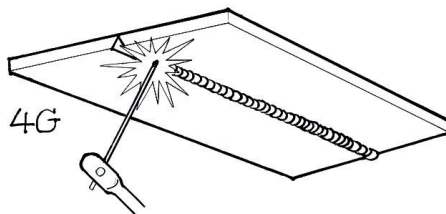
**Gambar 2.3** Posisi pengelasan pelat 2G

- Posisi 3G



**Gambar 2.4** Posisi pengelasan pelat 3G

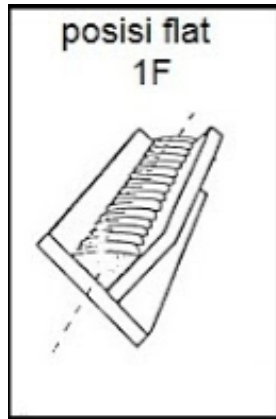
- Posisi 4G



**Gambar 2.5** Posisi pengelasan pelat 4G

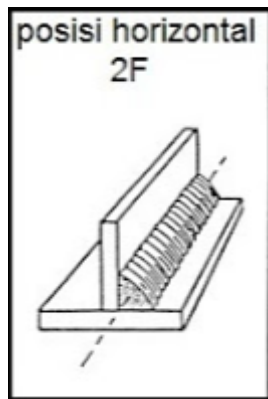
Adapun posisi pengelasan fillet terdiri dari 4 macam, yaitu:

- Posisi 1F



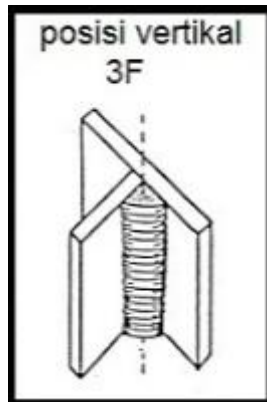
**Gambar 2.6** Posisi pengelasan fillet 1F

- Posisi 2F



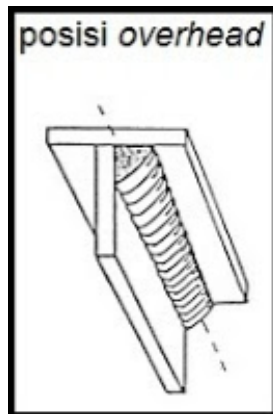
**Gambar 2.7** Posisi pengelasan fillet 2F

- Posisi 3F



**Gambar 2.8** Posisi pengelasan fillet 3F

- Posisi Overhead



**Gambar 2.9** Posisi pengelasan Overhead



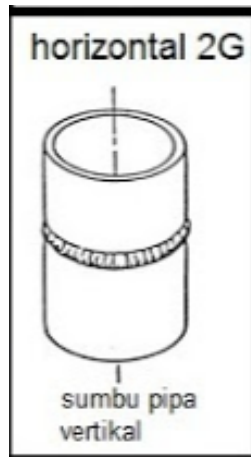
Adapun posisi pengelasan pipa terdiri dari 4 macam, yaitu:

- Posisi flat 1G



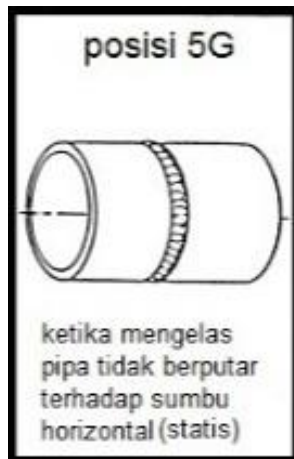
**Gambar 2.10** Posisi pengelasan pipa flat 1G

- Posisi horizontal 2G



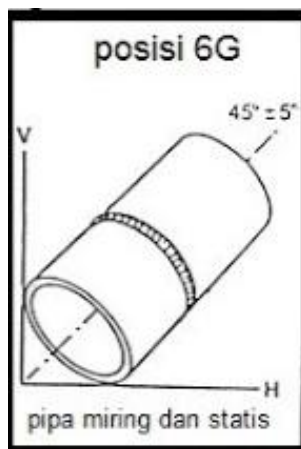
**Gambar 2.11** Posisi pengelasan pipa horizontal 2G

- Posisi 5G



**Gambar 2.12** Posisi pengelasan 5G

- Posisi 6G



**Gambar 2.13** Posisi pengelasan 6G

## 2.5 Heat Input

*Heat Input* adalah besarnya energi panas setiap satuan panjang las ketika sumber panas (yang berupa nyala api, busur listrik, plasma atau cahaya energi tinggi bergerak). Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil perpaduan dari arus listrik pengelasan, tegangan (voltage) listrik pengelasan, dan kecepatan pengelasan, menghasilkan energi panas yang dikenal dengan masukan panas (*heat input*). Kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi panas pengelasan, karena proses pengelasan tidak diam ditempat, tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu.

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan las. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energi pengelasan yang sering disebut *heat input*. Persamaan dari *heat input* hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Masukan panas :} \quad HI = \frac{V \times I \times 60}{s \times 1000} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:  $HI$  = Masukan panas atau energi ( *kJ/mm* )  
 $I$  = Arus ( *Ampere* )  
 $V$  = Voltase ( *Volt* )  
 $s$  = Kecepatan pengelasan ( *mm/s* )

Dari persamaan itu dapat dijelaskan beberapa pengertian antara lain, jika kita menginginkan masukan panas yang tinggi maka parameter yang dapat diukur yaitu arus las dapat diperbesar atau kecepatan las diperlambat. Besar kecilnya arus las dapat diukur langsung pada mesin las. Tegangan las umumnya tidak dapat diatur secara langsung pada mesin las, tetapi pengaruhnya terhadap masukan panas tetap ada.

## 2.6 Kodefikasi Elektroda

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (*flux*) dan tidak bersalut yang merupakan bagian untuk menjepitkan tang las. Fungsi *flux* atau lapisan elektroda dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan.

Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam. Pemilihan elektroda harus benar-benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan kekuatan material. Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standart sistem AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American Society Testing Material*).

Adapun kodefikasi dari elektroda sebagai berikut:

Contoh: E XX A B

- E : Menyatakan elektroda busur listrik.
- XX : (dua angka) sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ksi. (x 1000 psi)
- A : (angka ketiga) menyatakan posisi pengelasan.
- B : (angka keempat) menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

**Tabel 2.1** Posisi pengelasan pada kodefikasi ‘A’

kode angka 1	untuk semua posisi
kode angka 2	untuk posisi flat dan horizontal
kode angka 3	hanya untuk posisi flat

**Tabel 2.2** Karakteristik Digit 'B' Tipe *Flux* dan Arus Listrik

Digit akhir	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Suplay daya	(a)	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC
Tipe terak	(b)	Organik	Rutile *	Rutile*	Rutile*	Hidrogen rendah	Hidrogen rendah	Mineral	Hidrogen rendah
Tipe busur	Digging (penembusan)	Digging (penembusan)	Sedang	Lunak	Lunak	Sedang	Sedang	Lunak	Sedang
Penetrasi	(c)	(Deep) Dalam	Sedang	Ringan	Ringan	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
Tepung besi pelapisan	0-10%	-	0-10%	0-10%	30-50%	-	-	50%	30-50%

(Rohyana,2004)

Keterangan:

(a) E-6010 adalah DC, E-6020 adalah AC atau DC

(b) E-6010 adalah organik, E-6020 adalah mineral

(c) E-6010 adalah penetrasi dalam, E-6020 adalah penetrasi sedang

\* Terak Titanium dioksida yang keras kebanyakan pabrik membuat cap (*stamp*) pada setiap elektroda klasifikasi arus reguler. Sebagai tambahan untuk klasifikasi warna digunakan untuk beberapa elektroda. Kode warna ditetapkan dengan National Electrical Manufacturers Association (NEMA).

## 2.7 Material ST 37

Material yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah jenis material ST 37. Untuk komposisi kimia dan sifat mekaniknyadapat dilihat pada data dibawah ini:

**Tabel 2.3** Nilai *Chemical Composition*

Steel grade	Equivalent standard EN 10025	Weight of elements (%)					
		C (max)	Si	Mn	P(max)	S (max)	N (max)
St 37	S 235JR	0.20	0.15-0.35	0.35-0.75	0.050	0.050	0.011
St 44	S 275JR	0.23	0.15-0.45	0.35-0.90	0.050	0.050	0.011
St 52	S 355JR	0.23	≤0.60	≤1.60	0.045	0.045	-

**Tabel 2.4** Sifat Mekanik ST 37

Steel grade	Tensile test			Cold bend test at angle of 180°
	Min. yield point Y.P N/(mm) <sup>2</sup>	Tensile strength U.T.S N/(mm) <sup>2</sup>	Min. Elongation $\delta_s$ %	Bend mandrel diameter in terms of specimen thickness
St 37	235	360-510	26	1 S*
St 44	275	430-580	22	2.5 S*
St 52	355	510-680	22	2.5 S*

S\*:Tested specimen thickness

**Tabel 2.5** Karakteristik dari 6 elemen pada baja

Nama Elemen	Simbol	Karakteristik	Sifat Mampu Las
Karbon	C	Paling besar pengaruhnya pada sifat baja. Menambah kekuatan tarik, kekerasan tetapi mengurangi kemuluran.	Umumnya kandungan karbon 0,2% atau lebih rendah menjamin sifat mampu las yang lebih baik.
Silikon	Si	Baja dengan kandungan silikon tinggi sukar diroll. Sehingga kandungan silikon tidak boleh lebih dari 0,3%. Penambahan sekitar 0,3% silikon menaikkan	Penambahan silikon 0,6% atau lebih rendah tidak mengganggu sifat mampu las.

		sedikit kekuatan dan kekerasan.	
Mangan	Mn	Menaikkan kekuatan dan kekerasan baja. Normalnya, baja mengandung 0,2% - 0,8% mangan.	Penambahan mangan menjamin sifat mampu las yang baik bila kandungannya tidak lebih dari 1,5%.
Fosfor	P	Untuk baja, fosfor adalah pengotor, membuat baja rapuh, menyebabkan retak dingin.	Karena penambahan fosfor mengganggu sifat mampu las, kandungannya tidak boleh lebih dari 0,04%.
Belerang	S	Untuk baja, belerang adalah pengotor, membuat baja rapuh, menyebabkan retak panas.	Karena penambahan belerang mengganggu sifat mampu las, kandungannya tidak boleh lebih dari 0,04%. Kandungan belerang yang lebih tinggi juga menyebabkan

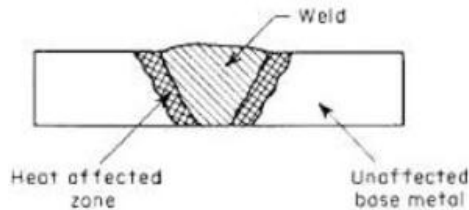
			pembentukan ikatan belerang yang menyebabkan baja retak.
Nitrogen	N	Meningkatkan kekuatan, kekerasan, dan kemampuan untuk diproses pemesinan.	Kandungan nitrogen yang terdapat pada baja karbon rendah tidak diperlukan namun tidak dapat 100% hilang, ini yang membuat baja tersebut menjadi getas maka dari itu kandungan nitrogen harus sangat kecil sekali atau tidak ada sama sekali.

## 2.8 HAZ (*Heat Affected Zone*)

Pengelasan logam akan menghasilkan konfigurasi logam lasan dengan tiga daerah pengelasan yaitu pertama daerah logam induk merupakan daerah yang tidak mengalami perubahan mikrostruktur, kedua adalah daerah terpengaruh panas atau disebut *heat affected zone* (HAZ) merupakan daerah yang terjadi perubahan struktur logam induk karena pengaruh panas saat pengelasan dan pendinginan setelah pengelasan. HAZ merupakan



daerah yang paling kritis dari sambungan las, karena selain terjadi perubahan mikrostruktur juga terjadi perubahan sifat. Secara umum daerah HAZ dipengaruhi oleh lamanya pendinginan dan komposisi logam las.



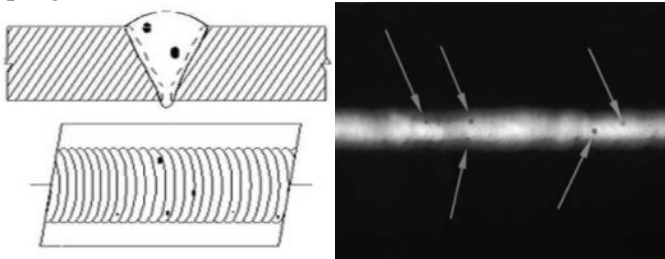
**Gambar 2.14** Daerah HAZ

## 2.9 Cacat Pada Pengelasan

Jenis - jenis cacat permukaan las:

### 2.9.1 Keropos (*Porosity*)

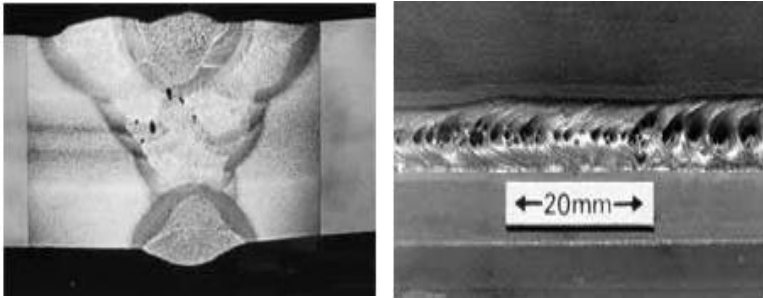
Disebabkan Lingkungan las yang lembab atau basah, kampuh kotor, angin berhembus dipermukaan las, lapisan galvanis, salah jenis arus, salah jenis polaritas, ampere *capping* terlalu besar. Akibatnya melemahkan sambungan, tampak buruk, mengawali karat permukaan. Penanggulangannya yaitu cacat digerinda hingga hilang kemudian dilas isi sesuai dengan pembuatan prosedur pengelasan (WPS).



**Gambar 2.15** Cacat Keropos (*Porosity*)

- **Porositas Tersebar (*Distributed Porosity*)**

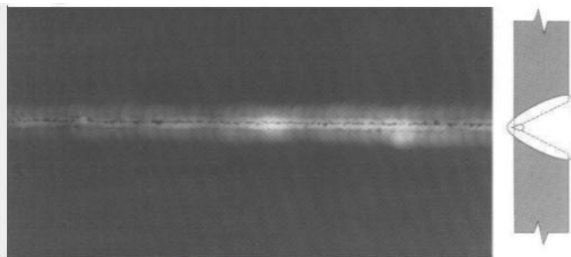
Porositas yang disebabkan oleh penyerapan nitrogen, oksigen dan hidrogen di kolam las cair, yang kemudian dilepaskan pada pemadatan menjadi terjebak dalam logam las. Penyerapan nitrogen dan oksigen di kolam las biasanya berasal dari perisai gas yang buruk. Sedikitnya 1% udara entrainment pada shielding gas akan menyebabkan porositas terdistribusi dan lebih besar.



**Gambar 2.16** Cacat *Distributed porosity*

- **Porositas memanjang (*Aligned Porosity*)**

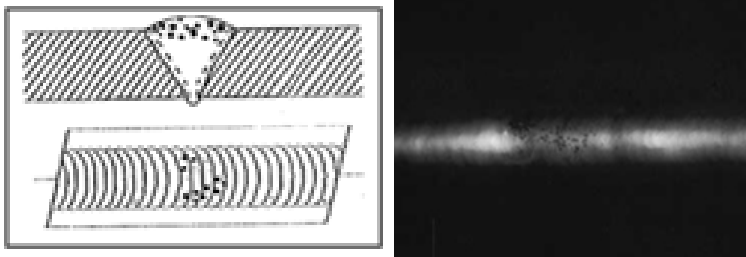
Rongga bulat dan memanjang di dasar lasan sejajar sepanjang garis tengah las. Titik kerapatan yang membulat dan memanjang, yang mungkin dihubungkan dalam garis lurus di tengah lebar lasan.



**Gambar 2.17** Cacat *Aligned Porosity*

- **Kumpulan Porositas (*Cluster Porosity*)**

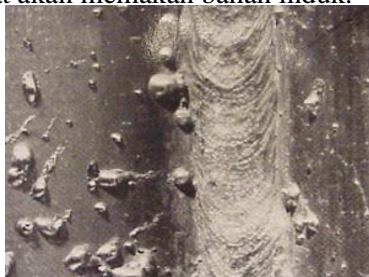
*Cluster Porosity* disebabkan ketika fluks pada elektroda terkontaminasi dengan uap air. Kelembaban berubah menjadi gas saat dipanaskan dan menjadi terjebak dalam pengelasan selama proses pengelasan. Cluster porositas muncul seperti porositas biasa di radiograf namun indikasinya akan dikelompokkan berdekatan.



**Gambar 2.18** Cacat *Cluster Porosity*

### 2.9.2 Percikan Las (*Spatter*)

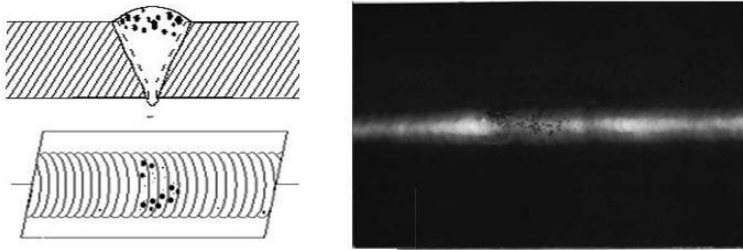
Disebabkan oleh elektrode yang lembab, kampuh kotor, angin kencang, lapisan galvanisir, ampere *capping* terlalu tinggi. Akibatnya lasan tampak jelek, mengalami karat permukaan. Penanggulangannya cukup dibersihkan dengan pahat. Pembersih dengan gerinda tidak boleh mengingat akan memakan bahan induk.



**Gambar 2.19** Cacat Percikan Las (*Spatter*)

### 2.9.3 Inklusi Terak (*Slug Inclusion*)

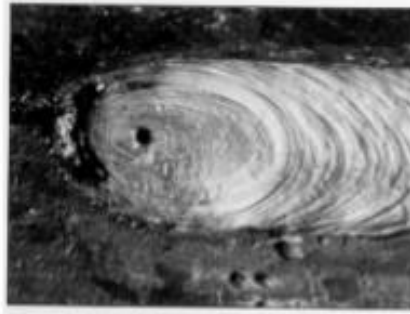
*Inklusi* terak adalah bahan padat non-logam terperangkap dalam logam lasan atau antara logam las dan logam dasar. *Inklusi* terak adalah daerah dalam penampang las atau di permukaan lasan dimana *fluks* sekali-cair digunakan untuk melindungi logam cair secara mekanik yang terjebak dalam logam dipadatkan. *Slag* yang dipadatkan ini merupakan bagian dari salib bagian las, jika logam tersebut tidak menyatu dengan dirinya sendiri.



**Gambar 2.20** Cacat *Slug Inclusion* dan hasil radiografi

### 2.9.4 Penyusutan Penetrasi Groove (*Shrinkage groove*)

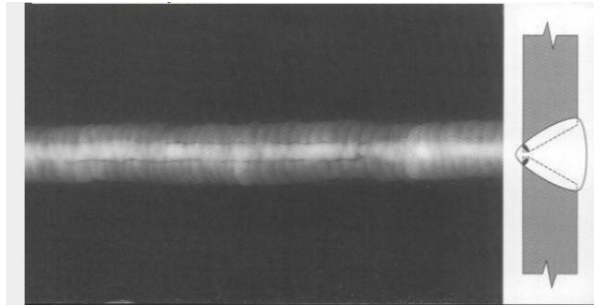
Aliran dangkal di setiap sisi manik penetrasi. Sebab, kontraksi logam di sepanjang sisi manik saat dalam kondisi plastik. Campuran antara penetrasi campuran cairan filler dan base metal disepanjang sisi groove tidak merata.



**Gambar 2.21** Cacat *Shrinkage*

### 2.9.5 Cacat Slug Memanjang (*Elongated Slug In*)

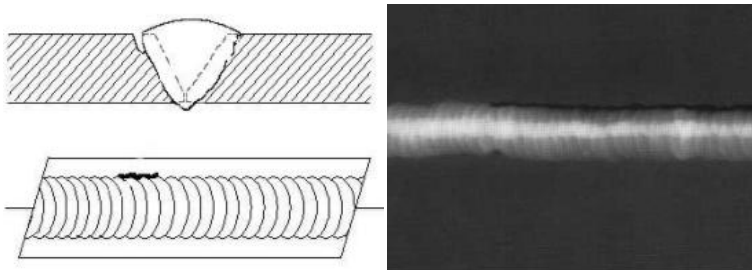
Kotoran yang solid pada permukaan setelah pengelasan dan tidak dilepas di antara lintasan. Memanjang, sejajar atau satu garis kerapatan yang lebih gelap, tidak beraturan lebar dan sedikit berkelok-kelok di arah yang memanjang.



**Gambar 2.22** Cacat *Elongated Slug In*

### 2.9.6 Las Tidak Penuh (*External Undercut*)

Erosi logam dasar di samping weld metal pada pengelasan. Tampak garis gelap yang tidak teratur di sepanjang tepi luar area pengelasan.



**Gambar 2.23** Cacat *External Undercut*

## 2.10 Radiografi (*Radiografi Test*)

Radiografi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pengujian tanpa merusak atau *Non Destructive Test* (NDT). Yang dimaksud dengan pengujian tanpa merusak adalah pengujian bahan tanpa merusak bahan yang diuji, baik sifat fisik maupun kimia dari bahan tersebut, selama dan setelah pengujian tidak mengalami perubahan. Uji radiografi bertujuan untuk melihat cacat di dalam *weld metal* yang tidak dapat dilihat langsung dengan mata telanjang. Pengujian radiografi pada dasarnya adalah penyinaran benda uji dengan sinar bertenaga tinggi seperti X-ray dan *gamma ray*. Metode pengujian radiografi yaitu memancarkan sinar-sinar elektromagnetik (sinar- $\chi$  dan sinar- $\gamma$ ) ditembuskan kepada bahan lalu direkam dalam film khusus. Dari hasil rekaman film akan dapat diamati diskontinuiti bahan juga dapat diperoleh hasil rekaman yang permanen.

### 2.10.1 Sinar- $\chi$

Sinar- $\chi$  dihasilkan oleh electron dengan kecepatan sinar tinggi. Energy ini kemudian diubah ke panas dan menghasilkan sinar- $\chi$ . Electron ini diarahkan ke cermin (target) dalam ruang hampa dan sinar tersebut memantul lagi melalui lubang tabung dan diteruskan menuju komponen yang diperiksa. Cara pemeriksaan yaitu bahan ditempatkan diantara tabung sinar- $\chi$  dan film. Jika bahan tersebut berat dan jenisnya sama seluruhnya, film akan menerima pecahannya yang merata. Akan tetapi kalau ada cacat, seperti lubang didalam hasil penungangan atau dalam pengelasan, maka jika film tersebut dicuci akan terlihat noda hitam.

### 2.10.2 Sinar- $\gamma$ (Gamma)

Metode ini secara fundamental mirip dengan metode sinar- $\chi$ , tetapi perbedaannya adalah sumber cahayanya. Sumber cahaya gamma dihasilkan dari sumber radiasi yang dihasilkan dari isotop radioaktif dari sebuah reactor nuklir. Tidak seperti sinar- $\chi$  yang mempunyai cahaya lurus, sinar

gamma ini dapat mengarah ke segala arah. Cara pemeriksaanya adalah film ditempatkan di bagian belakang benda. Apabila bahan tersebut cacat di bagian dalam maka bila filmnya dicuci akan tampak cacat hitam.

### 2.10.3 Pesawat *Gamma ray*

Mesin ini digunakan untuk menyimpan, mengirim dan menyinari suatu objek yang dimana mesin tersebut berisikan sinar radioaktif. Fungsi untuk mengurangi paparan radiasi selama penggunaannya, seperti Gambar 2.24 dibawah berikut.



**Gambar 2.24** Mesin *Gamma-ray*

### 2.10.4 Sumber Radioaktif *Gamma Ray*

Tidak seperti yang sumbernya dihasilkan oleh mesin yang dialiri listrik, *Gamma ray* menggunakan *radioisotope* yang digunakan untuk menyimpan sumber. Radioisotope yang digunakan dimasukkan kedalam kapsul untuk mencegah kebocoran radiasi. Setelah *radioisotope* dimasukkan kedalam kapsul barulah kapsul diberi muatan atau sumber yang berfungsi sebagai pemancar saat digunakan untuk pengujian radiografi. Kapsul tersebut digunakan sebagai kabel untuk membentuk “*Pigtail*”, *Pigtail* mempunyai konektor khusus pada ujungnya yang menyambungkan ke kabel yang digunakan untuk mengeluarkan sumber dari kamera *gamma ray*.

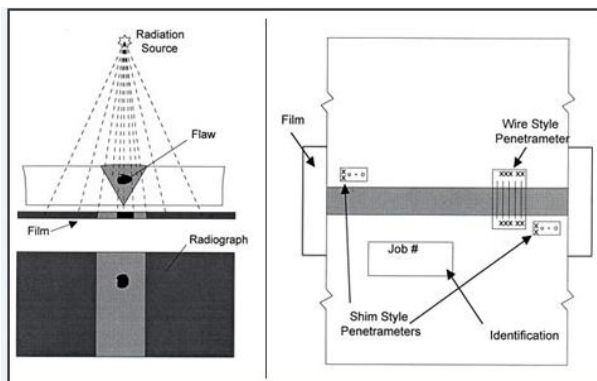


**Gambar 2.25** Sumber Radioaktif *Isotop* Material

Untuk keperluan pengujian tidak merusak dengan sendirinya harus menggunakan radioisotop yang mempunyai waktu setengah umur beberapa hari. Dalam hal ini biasanya digunakan *isotop- isotop cobalt* (Co) dan *iridium* (Ir). Karena radioisotop selalu memancarkan sinar-  $\gamma$  maka apabila tidak dipakai harus di simpan dalam tabung pelindung yang terbuat dari timbal dan paduan *wolfarm*.

### 2.10.5 Prinsip Kerja Radiografi

Material yang akan dilakukan pengujian diletakkan dibawah sumber radiasi. Ketika sumber sinar- $\gamma$  *gamma ray* dipancarkan ke material maka, radiasi akan menembus mataerial, bagian terdalam material yang terdapat cacat maka akan terekam film yang berwarna lebih gelap, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



**Gambar 2.26** Skema pengujian radiografi



### 2.10.6 Metode Pengujian Radiografi

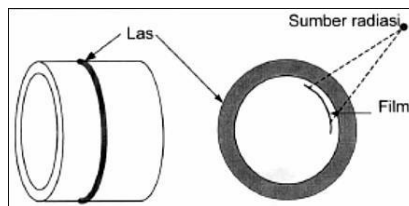
Dalam pengujian radiografi ini memiliki berbagai ragam metode bentuk pengujian sesuai kebutuhan dan kondisi suatu konstruksi ataupun produk untuk mempermudah dalam melakukan pengujian radiografi tersebut yaitu :

- *Single Wall Single Viewing (SWSV)*

Teknik penyinaran dengan melewati radiasi pada suatu dinding las benda uji dan pada *film* tergambar satu bagian dinding las untuk di interpretasi. Teknik *single wall single viewing* meliputi:

#### *Internal source technique*

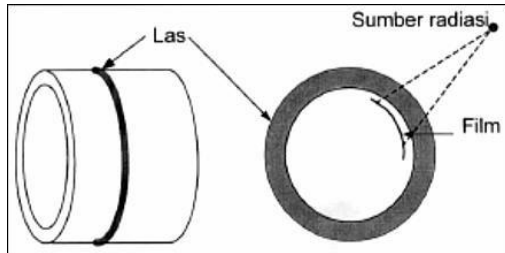
Teknik ini dapat dilakukan dengan meletakkan sumber radiasi di dalam benda uji dan *film* di luar benda uji seperti ditunjukkan pada Gambar 2.27 dibawah berikut.



**Gambar 2.27** *Internal source image internal film technique*

#### *Internal film technique*

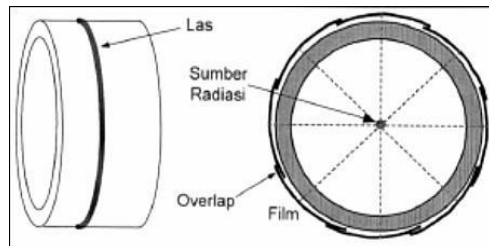
*Film* di dalam benda uji dan sumber radiasi di luar benda uji. Biasanya teknik ini dilakukan ketika benda uji cukup besar dimana diameter dalam benda uji minimal sama dengan *source film distance* minimal dan ada akses masuk ke dalam pipa, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.28 dibawah berikut.



**Gambar 2.28** *Internal film technique*

*panaromic technique*

Teknik ini dilakukan dengan menempatkan sumber di sumbu benda uji untuk mendapatkan *film* hasil radiografi sekeliling benda uji dengan sekali penyinaran, seperti yang di tunjukkan Gambar 2.29 dibawah berikut .



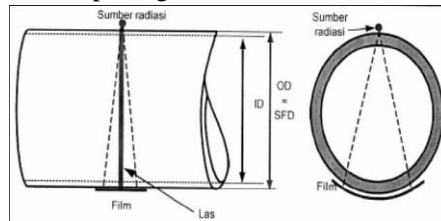
**Gambar 2.29** *Panaromic technique*

- *Double wall single viewing (DWSV)*

Metode *double wall single viewing* ini diterapkan pada benda uji berupa pipa dengan diameter lebih dari 100 mm. Posisi sumber sedemikian rupa sehingga radiasi melalui dua dinding las sedangkan pada *film* hanya tergambar satu dinding las yang dekat dengan *film* untuk diinterpretasi. Teknik *double wall single viewing* meliputi :

### *contact technique*

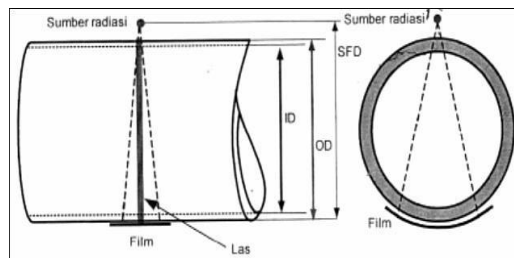
Teknik ini dilakukan dengan melekatkan sumber ke permukaan lasan benda uji. Diameter luar benda uji besarnya minimal sama atau lebih besar dari *source film distance* minimal untuk bisa dilakukan tehnik ini. seperti yang ditukkan pada gambar dibawah berikut



**Gambar 2.30** *Contact technique*

### *non contact technique*

Teknik ini dilakukan jika diameter benda uji besarnya lebih kecil dari *source film distance* minimal maka penempatan sumber dapat diletakkan agak jauh dari permukaan tetapi diatur sedemikian rupa hingga dinding atas las tidak tergambar pada *film*, seperti yang ditunjukkan gambar dibawah berikut



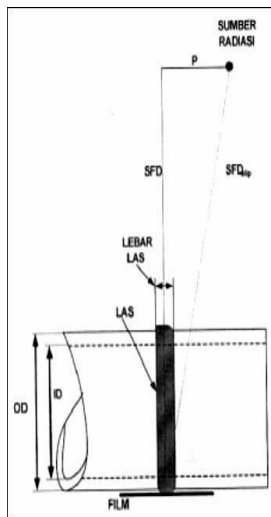
**Gambar 2.31** *Non contact technique*

- *Double wall double viewing (DWDV)*  
Benda uji dengan diameter luar yang kecil tidak

mungkin diterapkan teknik *single wall single viewing* maupun *double wall single viewing*. Beberapa standar merekomendasikan teknik *double wall double viewing* diterapkan pada benda uji berupa Pipa dengan diameter kurang dari 100 mm. Teknik *double wall double viewing* merupakan teknik penyinaran dengan posisi sumber radiasi sedemikian rupa sehingga radiasi menembus kedua dinding benda uji dan pada *film* tergambar kedua dinding las tersebut untuk diinterpretasi. Teknik *double wall double viewing* meliputi:

#### *ellips technique*

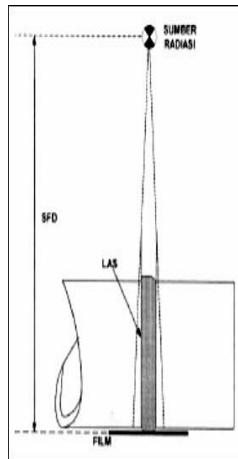
Teknik ini dilakukan dengan posisi sumber radiasi membentuk sudut tertentu terhadap bidang normal las sehingga gambar kedua bagian dinding benda uji berbentuk *ellips*, seperti yang ditunjukkan gambar dibawah berikut.



**Gambar 2.32** *Ellips technique*

### *superimposed technique*

Sebagai alternatif bila teknik elips tidak dapat diterapkan maka teknik *double wall double viewing* dilakukan dengan meletakkan sumber tegak lurus terhadap benda uji sehingga gambar kedua dinding benda uji bertumpuk, seperti yang di tunjukkan Gambar 2.8 dibawah berikut.



**Gambar 2.33** *Superimposed technique*

#### **2.10.7 Pemilihan *Image Quality Indicator***

Pemilihan *image quality indicator* (IQI) yang tepat merupakan hal yang penting dalam pembakan produk pengelasan karena hal tersebut terkait dengan sensitifitas suatu *film* radiografi. Sensitifitas merupakan ukuran kualitas dari suatu *film* terkait dengan detail dan cacat terkecil yang bisa diamati. IQI yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *wire type* dan penempatan marker memilih metoda *film side*. Berdasarkan Table 3.4 diketahui produk las dengan ketebalan tertentu selanjutnya akan didapatkan nilai *wire-type essential wire*.

**Tabel 2.6** Pemilihan *image quality indicator*

Nominal Single-Wall Material Thickness Range, in. (mm)	IQI					
	Source Side			Film Side		
	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire
Up to 0.25, incl. (6.4)	12	2T	5	10	2T	4
Over 0.25 through 0.375 (6.4 through 9.5)	15	2T	6	12	2T	5
Over 0.375 through 0.50 (9.5 through 12.7)	17	2T	7	15	2T	6
Over 0.50 through 0.75 (12.7 through 19.0)	20	2T	8	17	2T	7
Over 0.75 through 1.00 (19.0 through 25.4)	25	2T	9	20	2T	8
Over 1.00 through 1.50 (25.4 through 38.1)	30	2T	10	25	2T	9
Over 1.50 through 2.00 (38.1 through 50.8)	35	2T	11	30	2T	10
Over 2.00 through 2.50 (50.8 through 63.5)	40	2T	12	35	2T	11
Over 2.50 through 4.00 (63.5 through 101.6)	50	2T	13	40	2T	12
Over 4.00 through 6.00 (101.6 through 152.4)	60	2T	14	50	2T	13
Over 6.00 through 8.00 (152.4 through 203.2)	80	2T	16	60	2T	14
Over 8.00 through 10.00 (203.2 through 254.0)	100	2T	17	80	2T	16
Over 10.00 through 12.00 (254.0 through 304.8)	120	2T	18	100	2T	17
Over 12.00 through 16.00 (304.8 through 406.4)	160	2T	20	120	2T	18
Over 16.00 through 20.00 (406.4 through 508.0)	200	2T	21	160	2T	20

Setelah didapatkan nilai *wire type wire essential* atau *wire identity* maka selanjutnya menuju Tabel 2.7 dibawah berikut mengacu pada tabel.

**Table 2.7** *Wire IQI designation, wire diameter, and wire identity*

Set A			Set B		
Wire Diameter, in.	Wire (mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	Wire (mm)	Wire Identity
0.0032	(0.08)	1	0.010	(0.25)	6
0.004	(0.10)	2	0.013	(0.33)	7
0.005	(0.13)	3	0.016	(0.41)	8
0.0063	(0.16)	4	0.020	(0.51)	9
0.008	(0.20)	5	0.025	(0.64)	10
0.010	(0.25)	6	0.032	(0.81)	11

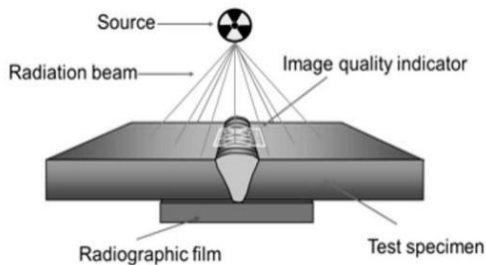
Set C			Set D		
Wire Diameter, in.	Wire (mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	Wire (mm)	Wire Identity
0.032	(0.81)	11	0.100	(2.54)	16
0.040	(1.02)	12	0.126	(3.20)	17
0.050	(1.27)	13	0.160	(4.06)	18
0.063	(1.60)	14	0.200	(5.08)	19
0.080	(2.03)	15	0.250	(6.35)	20
0.100	(2.54)	16	0.320	(8.13)	21

Kemudian didapatkan data *wire diameter* berdasarkan data yang diperoleh pada tahap sebelumnya. *Wire diameter* menunjukkan ukuran cacat atau diskontinuitas terkecil yang dapat terlihat pada *film*

radiografi tersebut. *Wire identity* menunjukkan nomor *wire* minimal yang muncul pada *film*.

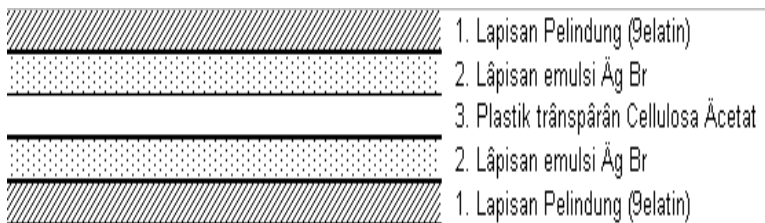
### 2.10.8 Film Radiografi

Salah satu alat yang digunakan dalam pengujian radiografi adalah *film*. *Film* berfungsi untuk merekam gambar benda uji yang diperiksa. Bahan dasar *film* terbuat dari bahan sejenis plastik transparan yaitu *cellulosa acetat*, yang mempunyai sifat *fleksibel*, ringan, tidak mudah pecah dan tembus cahaya. Kedua permukaannya dilapisi suatu emulsi yang mengandung persenyawaan AgBr (perak bromida), untuk melindungi lapisan emulsi agar tidak cepat rusak maka di atasnya dilapisi lagi dengan gelatin, seperti pada Gambar 2.30 menunjukkan penyinaran menggunakan *film*.



**Gambar 2.34** Penyinaran menggunakan *Film* Radiografi

Secara detail nama-nama bagian *film* radiografi dapat dilihat pada Gambar 2.35 berikut.

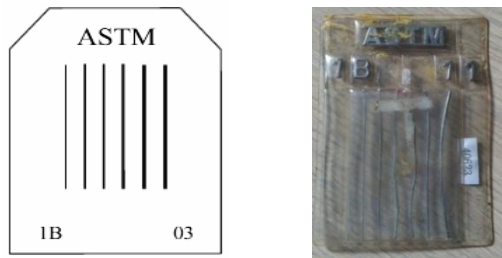


**Gambar 2.35** Penampang *film* radiografi dan jenis bagiannya

### 2.10.9 Sensitivitas *Film Radiografi*

Sebelum *film* radiografi dipakai sebagai alat uji tanpa merusak, kita harus mengetahui seberapa akurat alat tersebut. Sensitivitas *film* radiografi adalah fungsi dari *contrast* dan *definition* dari *film* radiografi tersebut. Sensitivitas radiografi berhubungan dengan ukuran detail diskontinuitas terkecil yang dapat dilihat pada *film* hasil radiografi atau kemudahan gambar detail diskontinuitas terkecil untuk dapat dideteksi. Sensitivitas radiografi memiliki kualitas citra yang baik maka dapat mendeteksi diskontinuitas yang baik. Dalam setiap pengujian radiografi digunakan alat uji *standart* yang disebut penetrameter atau yang sering disebut *image quality indicator* (IQI). Pemilihan parameter dan penempatannya harus sesuai dengan *standart* yang digunakan.

IQI ada 2 macam yaitu *wire* dan *hole* akan tetapi semakin seringnya penggunaan radiografi dalam pengujian sering sekali menggunakan type *wire* dikarenakan lebih praktis dan tentunya cepat tidak seperti halnya IQI *hole* karena harus terlebih dahulu mengukur tebal yang akan diuji dengan radiografi sehingga apabila ada perbedaan ketebalan maka diberi pemasangan ganjal IQI atau yang sering disebut “shims”, maka pengujian ini memilihlah IQI yang bermodelkan *wire* atau yang sering disebut kawat digunakan. *standart* IQI ASTM/ASME yang terdiri atas 21 kawat, yang disusun menjadi 4 set dimana setiap set berisi 6 kawat.



**Gambar 2.36** *Wire image quality indicator*



Sensitivitas indikator kualitas bayangan tipe kawat adalah persentase perbandingan diameter kawat terkecil yang tergambar pada *film* hasil uji radiografi terhadap ketebalan material. Fungsi IQI antara lain:

1. Digunakan sebagai media pengukur tingkat kualitas radiografi
2. Menentukan kualitas gambar radiografi

### 2.10.10 Klasifikasi Jenis *Film* Radiografi

*Film* radiografi diklasifikasikan dengan cara mengkombinasikan faktor – faktor dan karakteristik *film*. Fokus *film* pada pembahasan kali ini adalah AGFA. Contoh klasifikasi *film* AGFA dapat dilihat pada Table 2.7 berikut.

**Tabel 2.8** Klasifikasi *film* menurut AGFA GEVAERT

Jenis Film	Faktor Paparan Relatif					Kelas ISO	Kelas DIN	Kelas ASTM
	100 kV	200 kV	Ir-192	Co-60	LINAC/8 MeV			
D2	10,6	8,7	9,0	10,0	10,0	GI	G1	Spesial
D3 sc	10,6	8,7	-	-	-	GI	G1	I
D3	4,1	4,2	5,0	5,1	5,1	GI	G1	I
D4	3,1	2,6	3,0	3,1	3,1	GI	G2	I
D5	1,8	1,6	1,5	1,5	1,5	GII	G2	I
D7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	GIII	G3	II
D8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	GIII	G4	II
D6R	2,0	1,7	1,7	1,7	1,3	GIII	-	II

Setiap perusahaan *film* memproduksi berbagai macam jenis *film* yang dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. *Film screen fluorescent* yaitu *film* yang dalam penggunaannya memerlukan *screen* pengintensif *fluorescent* dan dapat menghasilkan *film* dengan penyinaran yang minimum.
2. *Film* langsung yaitu *film* yang dalam penggunaannya

tidak memerlukan *screen* atau untuk penyinaran menggunakan *screen* timbal.

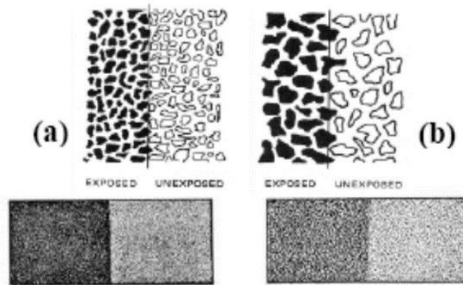
#### 2.10.11 Pemilihan *Film* Radiografi

Pemilihan *film* untuk radiografi tergantung pada beberapa faktor yang berbeda. Faktor tersebut harus dipertimbangkan saat memilih *film* dan mengembangkan teknik radiografi. Faktor – faktor tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Komposisi, bentuk, dan ukuran dari bagian yang akan diperiksa. Pada beberapa kasus dipertimbangkan pula berat dan lokasinya.
2. Tipe dari radiasi yang digunakan seperti sinar- $\gamma$  dari sumber radioaktif atau sinar-x dari sistem pembangkit sinar-x.
3. Intensitas dari sumber radiasi sinar- $\gamma$  atau tegangan yang tersedia dari sinar-x.
4. Tingkat detail dari gambar hasil radiografi dan ekonomi.

Pemilihan *film* untuk radiografi pada benda uji terutama tergantung dari ketebakan dan jenis material yang diuji serta rentang intensitas sumber (Ci) yang tersedia pada sumber *gamma-ray*. Pemilihan *film* juga tergantung kepada kualitas radiografi yang diinginkan dan waktu penyinaran. Jika kualitas radiografi yang diinginkan berkualitas tinggi maka digunakan *film* lambat (*film* dengan butiran lebih halus) harus digunakan. Jika menginginkan waktu penyinaran yang pendek maka digunakan *film* cepat.

Untuk detail butiran *film* dapat dilihat pada Gambar 2.20 dibawah ini. Butiran *film* mempengaruhi *definition film* radiografi. *Film* berbutir besar (*film* cepat) seringkali dipakai untuk mengurangi waktu eksposur sedangkan *film* berbutir kecil (*film* lambat) menghasilkan *definition* terbaik.



**Gambar 2.37** Struktur butir *film* lambat (a) dan *film* cepat (b)

### 2.10.12 Pemrosesan *Film* Radiografi

Saat eksposur selesai dilakukan, selanjutnya *film* diproses sehingga citra *laten* yang dihasilkan oleh radiasi akan nampak. Pada dasarnya terdapat tiga larutan pemroses yang dipakai untuk mengubah suatu *film* yang telah terekspos menjadi *film* radiografi. Langkah-langkah pemrosesan *film* berdasarkan urutan larutan yang digunakan adalah sebagai berikut.

#### 1. *Developer*

*Developer* adalah suatu larutan kombinasi zat kimia yang masing-masing memiliki fungsi penting. Salah satu zat kimianya adalah *reducer* yang terbuat dari *metol* atau *hydroquinone*. Fungsinya adalah untuk mereduksi butiran perak bromida yang terekspos menjadi logam perak berwarna hitam. Seluruh bagian *film* tidak berubah menjadi hitam karena *reducer* dapat membedakan antara butiran yang terekspos dengan yang tidak terekspos. Densitas (tingkat kegelapan) ditentukan oleh jumlah butiran perak bromida yang direduksi oleh *developer*.

#### 2. *Stop Bath*

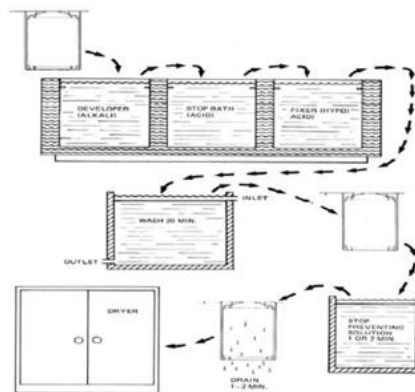
Apabila sebuah *film* dikeluarkan dari dalam larutan *developer* maka sejumlah kecil larutan basa akan

tertinggal di *film* tersebut. Zat kimia yang digunakan di dalam *stop bath* biasanya adalah asam asetat glacial. *Stop bath* memiliki dua fungsi yaitu:

- Menghentikan aksi *developing* dengan cara menetralkan zat basa *developer* (basa dan asam saling menetralkan).
- Menetralkan zat basa *developer* sebelum *film* dimasukkan kedalam cairan *fixer* sehingga memperpanjang usia *fixer*.

### 3. *Fixer*

*Fixer* secara permanen mengefixkan citra pada *film*. Di dalam *developer*, butiran perak bromida direduksi menjadi logam perak. *Fixer* menghilangkan semua butiran perak yang tidak terekspos dari dalam *film*. Di dalam proses *fixing* terdapat dua tahap yang terpisah. Setelah pemrosesan dengan zat kimia, *film* dicuci dan dikeringkan. *Film* tersebut kadang kala dicelupkan dalam suatu larutan untuk mencegah timbulnya bintik-bintik air. Larutan ini membuat air mudah membasahi *film* dan menghasilkan pengeringan merata. Untuk detailnya dapat dilihat pada Gambar 2.21 dibawah ini.



**Gambar 2.38** Skema diagram pemrosesan *film* radiografi

### 2.10.13 Densitas *Film Radiografi*

Densitas *film* radiografi ialah tingkat kegelapan pada *film* radiografi yang telah selesai diproses dan densitas radiografi dilakukan pada daerah pemeriksaan atau yang biasa disebut *area of interest* pada densitas minimal dan maksimal namun bukan pada tempat yang ditafsirkan sebagai sebuah diskontinuitas. *Film* radiografi dinyatakan memenuhi kualitas bila densitas yang diukur pada tempat-tempat diatas memiliki rentang tertentu, yang nilainya tergantung pada prosedur atau spesifikasi ataupun *standart* yang digunakan. Pada ASME Sec.V 2015 untuk *gamma-ray* mempunyai rentang nilai densitas 2 sampai 4. Selain itu ASME Sec.V 2015 juga menetapkan batasan variasi densitas tidak mengijinkan -15% dan +30%.

#### Densitometer

Densitometer adalah sebuah peralatan ilmiah yang dirancang untuk mengukur tingkat kehitaman suatu *film* radiografi dengan *output* menunjukan suatu angka tingkat kehitaman.



**Gambar 2.39** Densitometer

### 2.10.14 Interpretasi Hasil *Film Radiografi*

Setelah dilakukan penembakan lalu dilakukan interpretasi terhadap *film* radiografi menggunakan alat *viewer* dan alat mengukur tingkat kegelapan yaitu

densitometer. Interpretasi bertujuan untuk melihat dan menentukan suatu cacat pada produk pengelasan, densitas, variasi densitas, dan sensitivitas *film* radiografi. Yang kemudian hasil dari interpretasi akan dinilai dan dibandingkan dengan *film-film* dari hasil berbeda kondisi dan berbagai *source film distance* penembakan radiografi. Penilaian akan dilihat pada densitas, variasi densitas dan sensitivitas apa sudah memenuhi syarat keberterimaan sesuai ASME Sec.V 2010.



**Gambar 2.40** Viewer

## **2.11 Metalografi**

Ilmu logam dibagi menjadi dua bagian khusus, yaitu metalurgi dan metalografi. Metalurgi adalah menguraikan tentang cara pemisahan logam dari ikatan unsur lain atau cara pengolahan logam secara teknis, sehingga diperoleh jenis logam atau logam paduan yang memenuhi kebutuhan tertentu. Sedangkan Metalografi adalah mempelajari tentang pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur dan persentase campuran dari logam tersebut.

### **2.11.1 Uji Makro (*Macroscopic Examination*)**

Yang dimaksud dengan pemeriksaan makro adalah pemeriksaan bahan dengan mata kita langsung atau memakai kaca pembesar yaitu yang dengan pembesaran rendah (*a low magnification*). Kegunaannya untuk memeriksa permukaan yang terdapat celah-celah, lubang-lubang pada struktur

logam yang sifatnya rapuh, bentuk-bentuk patahan benda uji bekas pengujian mekanis yang selanjutnya dibandingkan dengan beberapa logam menurut bentuk dan strukturnya antara satu dengan yang lain menurut kebutuhannya. Angka pembesaran pemeriksaan makro antara 0,5 kali sampai 50 kali. Pemeriksaan secara makro biasanya untuk bahan-bahan yang memiliki struktur kristal yang tergolong besar dan kasar, seperti misal logam hasil coran atau tuangan, serta bahan-bahan yang termasuk non metal.

### **2.11.2 Uji Mikro (*Microscopic Examination*)**

Yang dimaksud dengan pemeriksaan mikro ialah pemeriksaan bahan logam di mana bentuk kristal logam tergolong halus sehingga diperlukan angka pembesaran lensa mikroskop antara 50 kali sampai 3000 kali atau lebih dengan menggunakan mikroskop industri.

Metalografi meliputi tahap-tahap sebagai berikut :

1. Cutting, yaitu mengetahui prosedur proses pemotongan sampel dan menentukan teknik pemotongan yang tepat dalam pengambilan sampel metalografi sehingga didapat benda uji yang representatif.
2. Mounting, yaitu menempatkan sampel pada suatu media, untuk memudahkan penanganan sampel yang berukuran kecil dan tidak beraturan tanpa merusak sampel.
3. Grinding, yaitu meratakan dan menghaluskan permukaan sampel dengan cara menggosokkan sampel pada kain abrasif atau ampelas.
4. Pemolesan (Polishing), yaitu mendapatkan permukaan sampel yang halus dan mengkilat seperti kaca tanpa menggores, sehingga diperoleh permukaan sampel yang halus bebas goresan dan mengkilap seperti cermin, menghilangkan ketidakrataan sampel hingga menjadi bersih dan tanpa cacat.

5. Etsa, yaitu mengamati dan mengidentifikasi detail struktur logam dengan bantuan mikroskop optik setelah terlebih dahulu dilakukan proses etsa pada sampel, mengetahui perbedaan antara etsa kimia dengan elektro etsa serat aplikasinya.

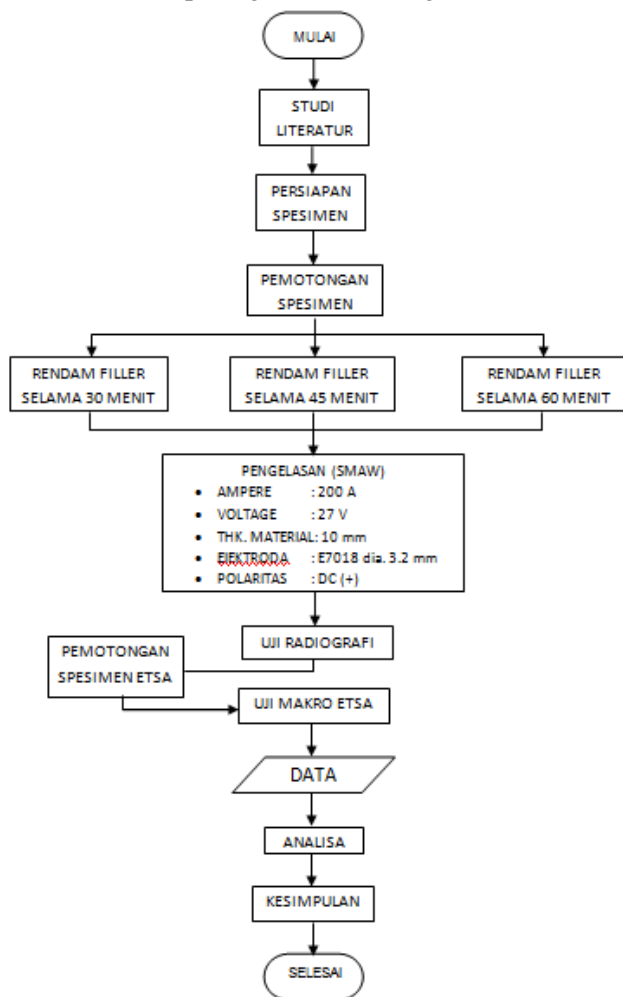


*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Flow Chart Penelitian

Pengerjaan dalam pembuatan tugas akhir ini sesuai dengan flow chart, bisa dilihat pada gambar 3.1 diagram di bawah ini.



**Gambar 3.1** Flow Chart Diagram

### 3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2016/2017 yaitu pada bulan Februari sampai dengan Juni 2017.

### 3.3 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Lab Metalurgi Departemen Teknik Mesin FV-ITS dan Lab Uji NDT ANDTECH Surabaya.

### 3.4 Langkah Kerja

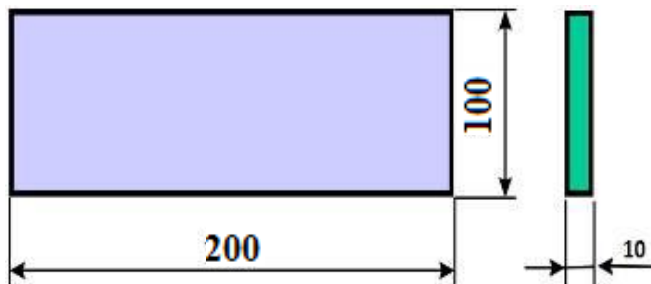
Dalam menyelesaikan tugas akhir ini langkah pertama yang dilakukan adalah studi literatur tentang proses pengelasan SMAW dan langkah-langkah kerja dan pembacaan film hasil uji radiografi dan uji makro etsa, langkah selanjutnya yaitu melakukan percobaan pada benda uji. Untuk memperjelas, berikut tahapan-tahapan yang akan dilakukan.

#### 3.4.1 Studi Literatur

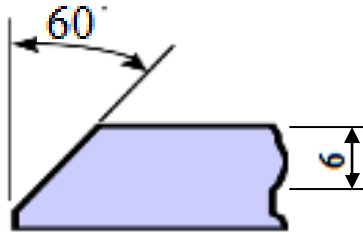
Tahapan studi literatur adalah untuk mempelajari dan membahas teori-teori yang dibutuhkan untuk mengerjakan penelitian ini. Selain itu juga melakukan pengambilan data melalui buku dan internet.

#### 3.4.2 Persiapan Material

Material yang digunakan adalah *ST 37* dengan tebal 10 mm. Material tersebut disambung dengan kampuh V menggunakan sudut single V *groove*  $60^\circ$  dengan kedalaman 6 mm seperti gambar dibawah ini:



**Gambar 3.2** Dimensi Material



**Gambar 3.3** Sudut *groove* 60° dan Kedalaman 6 mm



**Gambar 3.4** Material Dengan Kampus 60°

**Tabel 3.1** Logam Induk dan Pengisi

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	ST 37
Tebal	10 mm
AWS Classification	E 7018
Filler metal diameter(mm)	3,2
Posisi pengelasan	1G

**Tabel 3.2** Parameter Pengelasan

Parameter	Layer	
Number/pass	1 ( <i>fill</i> )	2 ( <i>fill &amp; capping</i> )
Proses	SMAW	SMAW
Travel speed, mm/s	1.527	1.527
Amperage	200	200
Polaritas AC/DC	DC(+)	DC(+)
Voltage	27	27
Electrode diameter (mm)	3.2	3.2

**Tabel 3.3** Berat *Filler* Setiap Variasi Perendaman

Variasi perendaman	Berat
Tidak di rendam	41, 10 gram
30 menit	41, 68 gram
45 menit	41, 87 gram
60 menit	42, 02 gram

### 3.4.3 Pengelasan

Pengelasan dilakukan menggunakan SMAW (DC+) posisi 1G dalam penelitian kali ini terdapat perbedaan variasi perendaman *filler* yaitu:

1. Variasi pengelasan dengan filler E7018 tanpa direndam. Material dilakukan pengelasan dengan menggunakan filler E7018 yang tanpa direndam dalam air
2. Variasi perendaman filler E7018 dengan air selama 30 menit. Material dilakukan pengelasan dengan menggunakan filler E7018 yang telah direndam dalam air selama 30 menit.
3. Variasi perendaman filler E7018 dengan air selama 45 menit. Material dilakukan pengelasan dengan menggunakan filler E7018 yang telah direndam dalam air selama 45 menit.
4. Variasi perendaman filler E7018 dengan air selama 60 menit. Material dilakukan pengelasan dengan menggunakan filler E7018 yang telah direndam dalam air selama 60 menit.

Berikut ini proses pengelasan yang dilakukan:



**Gambar 3.5** *Filler* yang digunakan



**Gambar 3.6** Perendaman filler



**Gambar 3.7** *Filler* ditimbang setelah di rendam



**Gambar 3.8** Mesin las TIG-MMA



**Gambar 3.9** Proses Pengelasan



**Gambar 3.10** Tank *Ampere*

#### **3.4.4 Persiapan benda uji**

Spesimen yang diambil harus dari lokasi sampel, sehingga mereka mewakili bahan yang diuji. Dalam melakukan tes untuk menekan benda uji itu penting dan perlu diperhatikan ketebalannya, itu sehubungan dengan arah langkah kerja dari pengujian dan permukaannya, sehingga sesuai dengan aplikasinya. Untuk pengambilan spesimen, dilakukan dengan memperhitungkan jumlah pengujian yang akan digunakan. Dalam penelitian ini pengujian yang dilakukan adalah Uji Radiografi terlebih dahulu lalu dilanjutkan dengan uji makro etsa.



## A. Pengujian Radiografi

Untuk pengujian radiografi dilakukan pengambilan spesimen total 4 spesimen yang akan diuji masing-masing variasi berjumlah 4 spesimen yaitu spesimen yang pengelasannya menggunakan filler tanpa direndam, direndam selama 30 menit, 45 menit, dan 60 menit.



**Gambar 3.11** Alat uji radiografi Ir – 192

Langkah-langkah pengujian radiografi :

- 1) Menyiapkan spesimen
  - Ambil spesimen dan bersihkan dari kotoran
  - Bersihkan bekas-bekas *slug* yang masih menempel dengan sikat besi
  - Lakukan langkah diatas untuk seluruh spesimen
- 2) Pemberian identitas dan film pada spesimen
  - Ambil spesimen dan ukur dimensinya
  - Menempelkan blok huruf-huruf lalu di plester di bagian belakang spesimen sebagai identitas yang akan tampak pada hasil radiografi
  - Tempelkan film AGFA D7 pada specimen yang akan di uji radiografi
  - Pemilihan Image Quality Indicator dan menepelkan kawat peny di atas benda kerja

- Lakukan langkah diatas untuk seluruh spesimen

Berikut aktivitas pada pengujian radiografi :



**Gambar 3.12** Pemberian identitas pada spesimen

- Pemilihan wire IQI (Image Quality Indicator) :

**Tabel 3.4** Pemilihan *image quality indicator*

Nominal Single-Wall Material Thickness Range, in. (mm)	IQI					
	Source Side			Film Side		
	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire
Up to 0.25, incl. (6.4)	12	2T	5	10	2T	4
Over 0.25 through 0.375 (6.4 through 9.5)	15	2T	6	12	2T	5
Over 0.375 through 0.50 (9.5 through 12.7)	17	2T	7	15	2T	6
Over 0.50 through 0.75 (12.7 through 19.0)	20	2T	8	17	2T	7
Over 0.75 through 1.00 (19.0 through 25.4)	25	2T	9	20	2T	8
Over 1.00 through 1.50 (25.4 through 38.1)	30	2T	10	25	2T	9

**Table 3.5** Wire IQI designation, wire diameter, and wire identity

Set A			Set B		
Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity
0.0032	(0.08)	1	0.010	(0.25)	6
0.004	(0.10)	2	0.013	(0.33)	7
0.005	(0.13)	3	0.016	(0.41)	8
0.0063	(0.16)	4	0.020	(0.51)	9
0.008	(0.20)	5	0.025	(0.64)	10
0.010	(0.25)	6	0.032	(0.81)	11

Ukuran - ukuran kawat yang harus terlihat di *film*



**Gambar 3.13** Spesimen Uji Radiografi

3) Pengujian pada spesimen.

- Mencatat data mesin pada benda kerja.
- Penempatan specimen pada ujung penyinaran dari alat uji radiografi
- Atur ketinggian dari ujung penyinaran uji radiografi terhadap benda kerja yang akan diuji
- Dalam melakukan penelitian ini digunakan teknik penyinaran *single wall single viewing* yang sudah diatur pada *standart ASME Sec.V*
- Menjauh dari benda kerja yang akan di uji sampai zona aman radiasi
- Lakukan penyinaran pada benda kerja



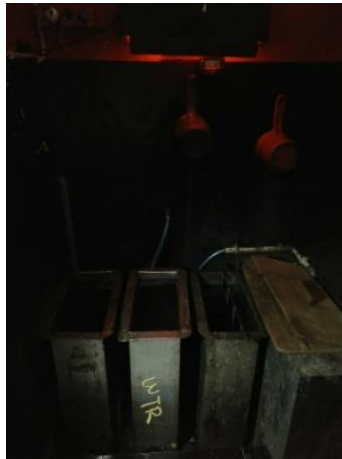
**Gambar 3.14** Spesimen Siap Uji Radiografi

4) Pencucian *film* setelah proses radiografi

- Setelah aman lalu ambil benda kerja dan lepaskan film untuk dilakukan pencucian
- Cuci film dengan menggunakan cairan *developer, stopbath, fixer*
- Lama pencucian :  
*Developer* : 90 detik  
*Stopbath* : 60 detik  
*Fixer* : 20 detik



**Gambar 3.15** Frame pemegang untuk pencelupan film



**Gambar 3.16** Cairan *Developer*, *Stop bath*, *Fixer*

5) Evaluasi *film* uji radiografi

- Ukur tingkat kehitaman *film* dengan densitometer dan bandingkan nilai yang dihasilkan dengan yang diijinkan pada pengujian radiografi (nilai yang diijinkan yakni 2-4 )
- Lihat hasil uji radiografi berupa film pada *viewer*
- Ulangi langkah diatas untuk seluruh spesimen.



**Gambar 3.17** Densitometer



**Gambar 3.18** Viewer

## Interpretasi Hasil *Film* Radiografi

Setelah dilakukan penembakan lalu dilakukan interpretasi terhadap *film* radiografi menggunakan alat *viewer* dan alat mengukur tingkat kegelapan yaitu densitometer. Interpretasi bertujuan untuk melihat dan menentukan suatu cacat pada produk pengelasan, densitas, variasi densitas, dan sensitivitas *film* radiografi. Yang kemudian hasil dari interpretasi akan dinilai dan dibandingkan dengan *film-film* dari hasil berbeda kondisi dan berbagai *source film distance* penembakan radiografi. Penilaian akan dilihat pada densitas, variasi densitas dan sensitivitas apa sudah memenuhi syarat keberterimaan sesuai ASME Sec.V 2010.

## Analisa Hasil Pengujian

Setelah didapatkan data pengujian selanjutnya dilakukan analisa pada hasil *film*. Setelah dianalisa pada hasil *film*, maka disusunlah tabel pembandingan agar data yang sudah diambil dapat dianalisa dan pada tahap akhir ini maka dapat memulai dilakukannya penarikan kesimpulan dan pemberian saran atas hasil penelitian yang telah dicapai.

## B. Pengujian Metalography

Untuk proses *Metalography Test* yaitu pengamatan makro test

- Makro test  
Bertujuan melihat secara visual hasil dari proses pengelasan setelah dilakukan pengetsaan, proses pengetsaan yaitu cairan  $\text{HNO}_3$  dan alkohol 96%, maka bagian *Weld Metal*, *HAZ*, dan *Base Metal* akan terlihat.

Prosedur pengujian *metalography* adalah sebagai berikut:

1. Pemotongan spesimen uji di belah menjadi dua. Dalam penelitian tugas akhir ini, pengujian *metalography* dilakukan pada 1 bidang pada satu spesimen.
2. Penggosokan dilakukan pada permukaan spesimen uji secara bertahap, penggosokan dilakukan menggunakan mesin *grinding* dengan tingkat kekasaran kertas gosok mulai dari 100, 400, 800, 1000 dengan disertai aliran air pendingin. Fungsinya adalah untuk melautkan geram. Setelah menggunakan kertas gosok, spesimen dipoles dengan menggunakan autosol dan kain jeans.
3. Spesimen yang sudah mengkilap disterilkan terlebih dahulu dengan alkohol kandungan 96%. Kemudian direndam dalam cairan etsa selama  $\pm 2$  menit sampai *weld metal*, *HAZ*, dan *base metal* terlihat. Kemudian spesimen dikeringkan dengan *hair dryer* dengan cepat. Berikut alat dan bahan yang digunakan untuk pengetsaan benda uji (*Test piece*) :



**Gambar 3.19** Spesimen sebelum di etsa



**Gambar 3.20** Alat untuk Proses Etsa



**Gambar 3.21** Larutan Etsa



**Gambar 3.22** Kertas Gosok





**Gambar 3.23** Proses Pengetsaan

4. Pengambilan gambar makro spesimen.

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana perbedaan waktu perendaman *filler* dengan waktu 30 menit, 45 menit, 60 menit dan tanpa direndam dengan arus 200 ampere pada hasil lasan baja ST 37 dengan metode pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) melalui 2 pengujian, yaitu radiografi dan makro etsa.

### 4.1 Parameter Pengelasan

**Tabel 4.1** Logam Induk dan Logam Pengisi

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	ST 37
Tebal	10 mm
AWS Classification	E 7018
Filler metal diameter	3,2 mm
Posisi pengelasan	1G

**Tabel 4.2** Data Primer Pengelasan

Panjang Pengelasan Plat = 200 mm			
Variasi Perendaman	No. Layer	Waktu	Kecepatan
Normal	1	2' 25"	1.379 mm/s
	2	2' 22"	1.408 mm/s
30 Menit	1	2' 2"	1.639 mm/s
	2	1' 58"	1.694 mm/s
45 Menit	1	2' 17"	1.459 mm/s
	2	2' 10"	1.538 mm/s
60 Menit	1	2' 12"	1.515 mm/s
	2	2' 6"	1.587 mm/s
Rata – rata		2' 11.5"	1.527 mm/s

**Tabel 4.3** Heat Input

Type Electroda	Arus (I)	Voltage (V)	Travel speed (V)	Heat Input (HI)
E 7018 diameter 3,2 mm	200 Ampere	27 Volt	1.527 mm/s	3.551 kJ/mm

#### 4.2 Radiografi Test (Uji Radiografi)

Pada pengujian radiografi ini digunakan 4 spesimen berdasarkan variasi waktu perendaman filler, yaitu 3 spesimen untuk *filler* yang direndam dengan waktu 30 menit, 45 menit, dan 60 menit dan 1 spesimen untuk *filler* yang tanpa direndam air, didapat hasil sebagai berikut :

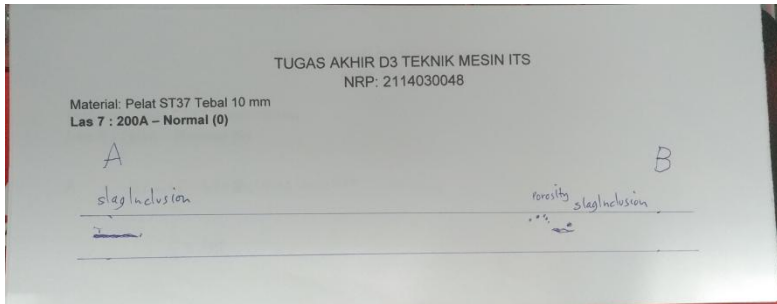
Hasil uji radiografi pada plat ST 37 pengelasan SMAW dengan *filler* yang tidak direndam.



**Gambar 4.1** Hasil lasan waktu normal



**Gambar 4.2** Film hasil uji radiografi



**Gambar 4.3** Sketsa cacat pada *filler* tidak di rendam

Dari gambar diatas, dilihat dari *film* hasil pengujian radiografi, dapat dikatakan bahwa pada material hasil lasan dengan *filler* yang tidak terendam air memiliki cacat porositas (*porosity*), Inklusi Terak (*slag inclusion*).

Dari pengelasan menggunakan *filler* yang tanpa direndam ditemukan cacat pengelasan namun hanya ditemukan pada titik tertentu saja, tidak ada cacat di sepanjang pengelasan yang dilakukan.

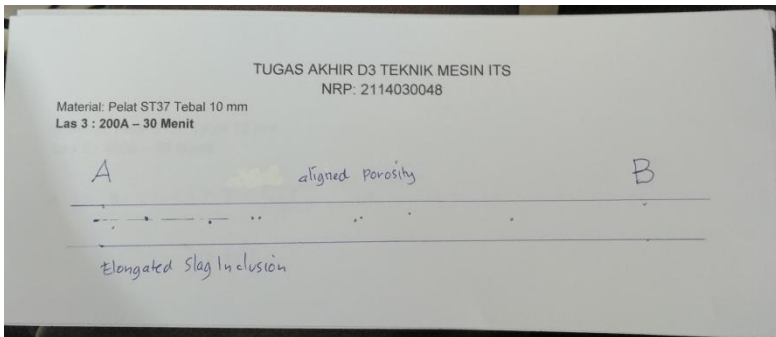
Hasil uji radiografi pada plat ST 37 pengelasan SMAW dengan *filler* perendaman 30 menit.



**Gambar 4.4** Hasil pengelasan perendaman *filler* waktu 30 menit



**Gambar 4.5** Film hasil uji radiografi perendaman *filler* 30 menit



**Gambar 4.6** Sketsa cacat pada *filler* direndam selama 30 menit

Dari gambar diatas, dilihat dari *film* hasil pengujian radiografi, dapat dikatakan bahwa pada material hasil lasan dengan *filler* yang di rendam air selama 30 menit memiliki cacat porositas jenis (*aligned porosity*), Cacat Slug Memanjang (*elongated slag in*).

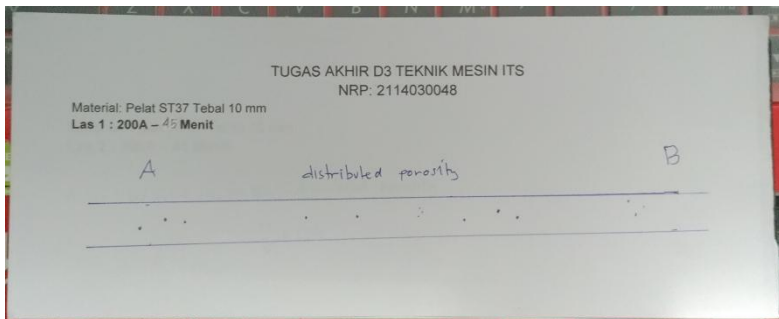
Hasil uji radiografi pada plat ST37 pengelasan SMAW dengan filler perendaman 45 menit.



**Gambar 4.7** Hasil lasan perendaman *filler* waktu 45 menit



**Gambar 4.8** *Film* hasil uji radiografi perendaman *filler* 45 menit



**Gambar 4.9** Sketsa cacat pada *filler* direndam selama 45 menit

Dari gambar diatas, dilihat dari *film* hasil pengujian radiografi, dapat dikatakan bahwa pada material hasil lasan

dengan *filler* yang di rendam air selama 45 menit memiliki cacat porositas jenis (*distributed porosity*).

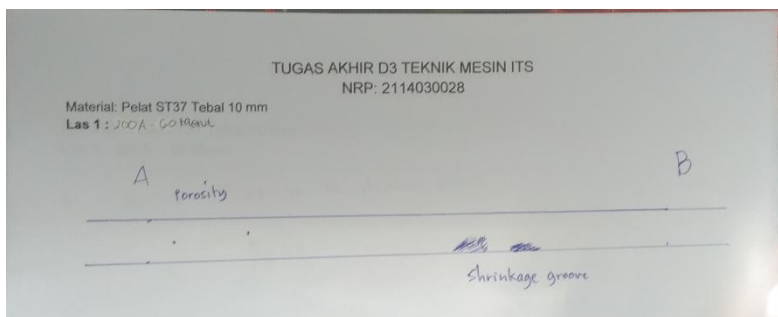
Hasil uji radiografi pada plat ST 37 pengelasan SMAW dengan filler perendaman 60 menit.



**Gambar 4.10** Hasil lasan perendaman *filler* waktu 60 menit



**Gambar 4.11** Film hasil uji radiografi perendaman filler 60 menit



**Gambar 4.12** Sketsa cacat pada *filler* direndam selama 60 menit

Dari gambar diatas, dilihat dari *film* hasil pengujian radiografi, dapat dikatakan bahwa pada material hasil lasan dengan *filler* yang di rendam air selama 60 menit memiliki cacat porositas (*porosity*), penyusutan penentrasi (*shrinkage groove*).

Dari klasifikasi diatas dapat disimpulkan klasifikasi cacat pengelasan menurut tabel :

**Tabel 4.4** Klasifikasi kehitaman (density) dan sensitivitas *film*

Radioisotop Ir-192

Technique : Single Wall Single Viewing

Image Quality Indicator : Wire ASTM Set 1B

Exposure time : 2 menit

Source Film Distance (SFD) : 400 mm

Placement : Source Side

Kehitaman Film (Density) : min. 2 – max. 4

Waktu Perendaman	IQI	DENSITY	
		MIN	MAX
Tanpa direndam	6	2.65	2.80
30 menit	6	2.51	2.81
45 menit	6	2.54	2.70
60 menit	6	2.59	2.74

Rumus Sensitifitas :  $S = \frac{\emptyset}{x} \times 100\%$

Keterangan :

$S$ : Sensitivitas

$\emptyset$  : Diameter kawat/ *wire* (mm)

$x$  : Tebal Material + tebal *weld* (mm)

$$S = \frac{0.25}{12} \times 100\% = 2.083 \%$$



Maka, nilai sensitivitas IQI sebesar 2.083 % yang berarti lebih dari 2% yang mana sensitifitas yang dapat diterima adalah  $\leq 2\%$

Dari tabel 4.4 menunjukkan bahwa klasifikasi film yang terjadi menunjukkan IQI yang keluar pada *film* semua berjumlah 6 dan densitas atau kehitaman pada film semua diantara 2.51 – 2.81 yang mana dapat diterima karena sesuai standart ASME Sec. V adalah antara 2 – 4.

$$\text{Rumus Exposure Time : } ET = \left( \frac{\text{SFD Aktual}}{\text{SFD Kurva}} \right)^2 \times \frac{E}{A}$$

Keterangan :

ET : *Exposure time* (menit)

E : Faktor *exposure time* (Ci menit)

A : Aktifitas sumber (Ci)

x : tebal material + tebal weld (mm)

$$\begin{aligned} \log E &= 1.72153 + 0.022115(12) & E &= 97.723 \text{ Curie menit} \\ &= 1.72153 + 0.26538 \\ &= 1.99 \end{aligned}$$

$$ET = \left( \frac{400}{610} \right)^2 \times \frac{97.723}{14} = 3 \text{ menit}$$

*Exposure time* yang didapat perhitungan maksimal adalah 3 menit. Jika lebih maka *film* akan rusak dan tidak bisa dievaluasi.

**Tabel 4.5** Klasifikasi Cacat yang Terjadi

Waktu Perendaman	Jenis Cacat	Dimensi Cacat (mm)	Jumlah Cacat
Tanpa direndam	(Porositas) , [Inklusi Terak]	(0.4 – 1), [1.2 – 1.8]	11 titik
30 menit	(Porositas), [Terak yang Memanjang]	(0.3 – 2), [0.3 – 0.4]	16 titik
45 menit	(Porositas)	(0.3 – 1.1)	14 titik
60 menit	(Porositas) , [Penyusutan kampuh]	(1), [5 – 6]	4 titik

#### 4.3 Uji Makro Etsa (Makro Etsa Test)

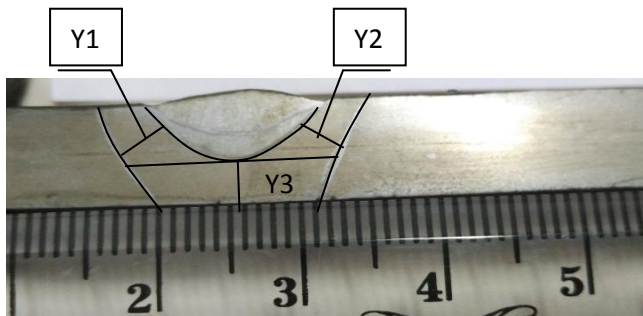
Pada pengujian makro etsa ini yang akan dilihat daerah *HAZ*, *Weld metal* serta ditambah masing – masing daerah *HAZ*, dan *Weld Metal*.

Hasil pengujian makro dapat dilihat pada gambar di bawah :

Makro etsa dengan filler tanpa direndam :



**Gambar 4.13.** Hasil etsa pengelasan elektroda tidak direndam

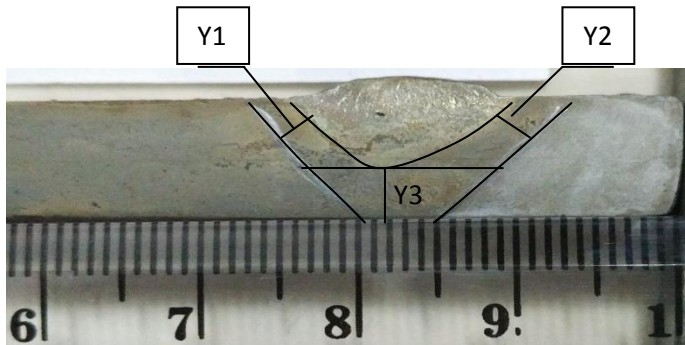


**Gambar 4.14** Hasil dimensi etsa pengelasan elektroda tidak direndam

Makro etsa dengan filler direndam selama 30 menit



**Gambar 4.15** Hasil etsa pengelasan elektroda direndam 30 menit

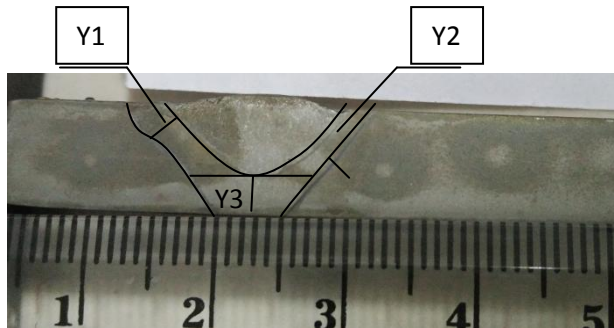


**Gambar 4.16** Hasil dimensi etsa pengelasan elektroda direndam 30 menit

Makro etsa dengan filler direndam selama 45 menit



**Gambar 4.17** Hasil etsa pengelasan elektroda direndam 45 menit

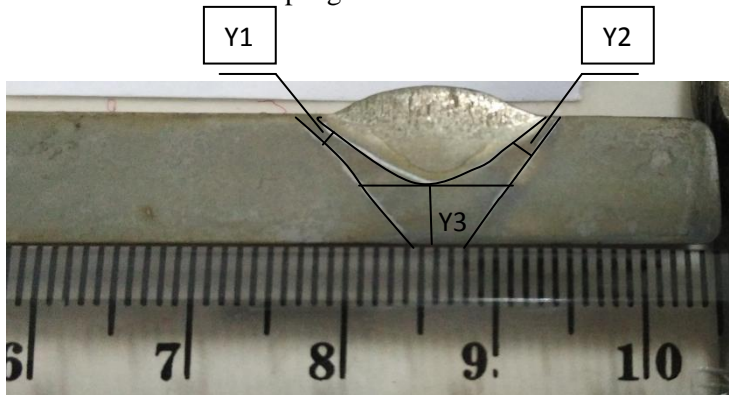


**Gambar 4.18** Hasil dimensi etsa pengelasan elektroda direndam 45 menit

Makro etsa dengan filler direndam selama 60 menit



**Gambar 4.19** Hasil etsa pengelasan elektroda direndam 60 menit



**Gambar 4.20** Hasil dimensi etsa pengelasan elektroda direndam 60 menit

Berikut hasil dari lebar keseluruhan dari HAZ :

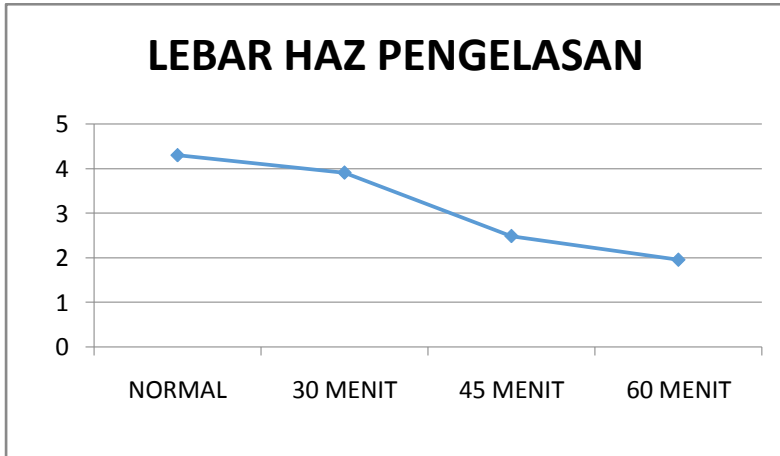
**Tabel 4.6** HAZ Pada Elektroda Tidak Direndam, direndam 30 menit, 45 menit, dan 60 menit

ELEKTRODA	LEBAR HAZ			Y TOTAL	Y rata - rata
	KIRI	KANAN	Y3 (mm)		
	Y1 (mm)	Y2 (mm)			
Tanpa direndam	4.57	3.39	4.5	13	4.3
Direndam 30 menit	3.4	3.33	5	11.73	3.91
Direndam 45 menit	2.5	1.87	3.1	7.47	2.49
Direndam 60 menit	1.6	1.6	2.2	5.90	1.96

Untuk mempermudah membandingkan data dari lebar HAZ maka data ditampilkan dalam bentuk table dan grafik lebar sebagai berikut :

**Tabel 4.7** Lebar Rata - rata HAZ (mm)

TEST PIECE	Lebar HAZ Tidak Direndam	Lebar HAZ perendaman 30 Menit	Lebar HAZ perendaman 45 Menit	Lebar HAZ perendaman 60 Menit
Lebar	4.3	3.91	2.49	1.96



**Gambar 4.21** Grafik Lebar Total HAZ Pengelasan

Lebar dari *HAZ* tergantung dari beberapa faktor salah satunya *Heat Input* dan arus pada pengelasan, dari pengelasan yang dilakukan pada penelitian ini terdapat pengaruh kandungan air yang terdapat pada *filler* yang digunakan untuk proses pengelasan. Kandungan air inilah yang mempengaruhi dari lebar *HAZ*. Dengan menggunakan variasi perendaman *filler* dibandingkan *filler* yang tanpa direndam pada proses pengelasan, maka lebar *HAZ* benda kerja yang menggunakan *filler* tanpa direndam lebih lebar daripada *filler* yang direndam air semakin lama mempunyai lebar semakin sempit.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa data mengenai pengaruh kandungan air pada variasi perendaman *filler* selama 30 menit, 45 menit, 60 menit terhadap hasil pengelasan material ST 37 dengan menggunakan metode SMAW, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada pengujian radiografi didapatkan hasil analisa pada proses pengelasan dengan *filler* variasi perendaman air selama 30 menit, 45 menit, 60 menit dan tanpa direndam memiliki cacat porositas (*porosity*, *aligned porosity*, *distributed porosity*), *slag inclusion*, *shrinkage groove*, dan *elongated slag in*. Terlihat semuanya memiliki cacat yang sebagian besar yaitu cacat porositas akibat kandungan air pada *filler*.
2. Pada pengujian makro etsa di dapat hasil analisa dari lebar area HAZ pada proses pengelasan dengan variasi perendaman *filler* yang tanpa direndam, direndam selama 30 menit, selama 45 menit, 60 menit yaitu memiliki lebar rata – rata 4.3 mm, 3.91 mm, 2.49 mm, 1.96 mm. Maka dari *filler* direndam memiliki lebar HAZ yang besar tetapi pada *filler* yang direndam dengan air memiliki lebar HAZ yang semakin lama direndam luasannya semakin sempit dari *filler* tanpa direndam.

#### **5.2 Saran**

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut:

1. Pada penelitian kali ini metode pengelasan SMAW dengan *filler* yang terendam air perlu langkah lebih lanjut dan teliti terutama pada pengujian yang dilakukan.



2. Pada penelitian kali ini didapatkan banyak kesalahan dalam pemotongan *test piece* benda kerja dikarenakan terbatasnya alat potong yang memadai.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim. 2014. **“Elektroda (*filler* atau bahan isi)”**. <http://las-listrik.blogspot.co.id>. Diakses pada tanggal 5 Mei 2016.
2. American Society of Mechanical Engineers Section II, 2010, *Ferrous Material Specifications*.
3. Ariyok Putro S. :2016. *“Pengaruh Fluida Dan Source Film Distance Terhadap Nilai Densitas Serta Sensitivitas Film Pada Underwater Inspection Dalam Pengujian Radiografi.”*
4. Idashabu. 2014. **“Tabel Kawat Las”**.<http://idashabu.blogspot.co.id>. Diakses pada tanggal 7 Mei 2016.
5. Widi Supriyanto. :2016. *“Pengaruh Post Heat 700°C Dan 900°C Selama 5 Jam Pada Sambungan Las SMAW, Elektroda E7016, Material SA 36 Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan.”*
6. Muhammad Andy Y. :2016. *“Pengaruh Kebakaran Temperatur 700°C dan 900°C Terhadap Perubahan Kekerasan dan Keuletan Pada Pengelasan Material SA 36 Dengan Menggunakan Metode SMAW.”*
7. Sonawan, Hery. 2003. **“Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam”**. Alfabeta, cv.”
8. QAQC Construction. 2014. **“Systems Welding Procedures Overview”**. <https://www.qaqc-construction.com/systems-welding-procedures-overview.php>. Diakses pada tanggal 20 Mei 2017.

9. Nugraha, Bina Aji. 2013. **"Welding"**.  
<https://binaaji.wordpress.com/author/binaaji/>. Diakses  
pada tanggal 5 Juni 2017.

Note : \*) SOD = Source to Object Distance, \*\*) DSSOF = Distance from Source Side of Object to the Film at the minimum Source to Object Distance  
IP: Incomplete Penetration, IF: Incomplete Fusion, EUC: External Undercut, Crk: Crack, RUC: Root Undercut

## Lampiran 2

### Sertifikat uji radiografi lanjutan

[illegible]

### Lampiran 3

Jenis Filler yang Digunakan

APPLICATION & TYPE	CLASSIFICATION JIS : Z32T1 E4918 AWS : A5.1 E7018
	TYPE OF COVERING IRON POWDER LOW HYDROGEN HIGH STRENGTH STEEL (50kg/mm <sup>2</sup> ) MILD STEEL
APPROVALS	ABS. LR. BKJ. GL
PERINGATAN	Gas dan uap adalah berbahaya bagi kesehatan dan dapat merusak paru-paru dan organ lainnya. Gunakan ventilasi yang cukup! Cahaya ark dan percikan api dapat melukai mata dan membakar kulit. Gunakan pelindung tangan, kepala, mata dan badan yang benar. Kejutan/sengatan listrik dapat menyebabkan kematian.



石家庄市石桥焊材有限公司  
SHIJIAZHANG SHIQIAO ELECTRIC WELDING MATERIAL CO., LTD.

电焊条质量合格证  
QUALITY CERTIFICATE OF WELDING ELECTRODES

Q/C NO.:

USER: \*\*\*\* ENTERPRISE

CONTRACT NO.:

型号Type	规格 Spec(mm)	重量 Quantity (kg)	熔敷金属机械性能试验数据 Typical mechanical properties of deposited metal					熔敷金属化学成分化验数据 (%) Typical chemical composition of deposited metal					
			抗拉强度 Tensile Strength MPa	屈服点 Yield point/MPa	延伸率 Elongation 35%	冲击功 V型缺口 冲击功 J	角焊缝 X光	C	Mn	S	P	Si	Cr Ni
STANDARD			≥490	≥400	≥22	-20℃ ≥27	-	≤0.12	≤1.60	≤0.035	≤0.04	≤0.75	-
E7018	Φ2.5	2000	550	450	29	128	合格	I	0.068	1.38	0.012	0.015	0.41
E7018	Φ3.2	2000	555	455	29	125	合格	I	0.07	1.25	0.012	0.011	0.36
E7018	Φ4.0	2000	570	455	29	130	合格	I	0.07	1.35	0.016	0.018	0.41
E7018	Φ5.0	2000	570	465	29	130	合格	I	0.07	1.38	0.017	0.019	0.45

STAMP BY QUALITY DEPARTMENT

SIGNATURE BY CHIEF OF QUALITY CHECK

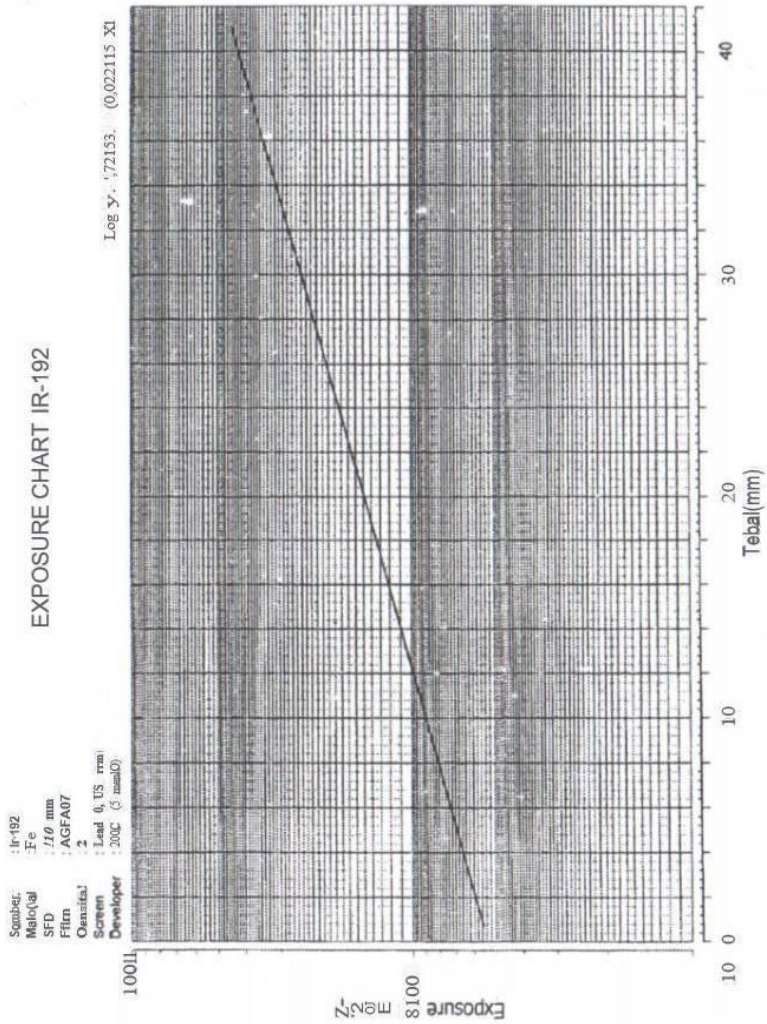
MAKING STANDARD AWS A5.1 E7018 GB/T 5117-1995  
石家庄市石桥焊材有限公司  
Shijiazhuang Shiqiao Electric Welding Material Co., Ltd.  
杜志强

## Lampiran 4

### Tabel Standard Filler

# Lampiran 5

## Exposure Chart Ir-192





## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Gresik, 28 Mei 1996, merupakan anak terakhir dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharmawanita Gresik, SDN Pongangan II Gresik, SMPN 3 Gresik dan SMA Muhammadiyah 1 Gresik. Setelah lulus dari SMA Muhammadiyah 1 Gresik tahun 2014, penulis melanjutkan studi di Departemen Teknik Mesin Industri Reguler FV-ITS dalam bidang studi manufaktur. Penulis sempat melakukan

Kerja Praktek di PT. Petrokimia Gresik yang merupakan pabrik pengolahan pupuk pertanian di kota Gresik, di dalam divisi pemeliharaan selama 1 bulan.

Penulis juga sempat aktif di beberapa kegiatan yang diadakan oleh Fakultas Teknologi Industri ITS dan juga Himpunan Mahasiswa Departemen Teknik Mesin ITS, mulai dari pelatihan sebagai peserta maupun panitia. Serta mengikuti organisasi di Badan Eksekutif Mahasiswa sebagai staff hubungan luar dan himpunan sebagai staf BSO BENGKEL.

pengerjaan tugas akhir ini penulis membutuhkan waktu pengerjaan kurang lebih 5 bulan pada semester 6 pendidikan di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS khususnya, serta untuk kebermanfaat orang banyak kedepannya.